











Digitized by the Internet Archive  
in 2010 with funding from  
University of Ottawa







G8  
59  
.F47  
1872  
SMRS

# TABLEAU DE LA NATURE

OUVRAGE ILLUSTRÉ A L'USAGE DE LA JEUNESSE

---

## LA TERRE ET LES MERS

---

11832 — PARIS, TYPOGRAPHIE LAHURE  
Rue de Fleurus, 9

---







J. DIDIER del.

Imp. G. L. F. 1840

ERUPTION OF VESUVIUS

(Page 309.)

LA TERRE  
ET LES MERS

PAR LE COMTE DE LAPLACE

LES VARIÉTÉS NUMÉRIQUES SONT ÉVALUÉES, CORRIGÉES, ETC.

PARIS

DE LA LIBRAIRIE MATHÉMATIQUE ET PHYSIQUE





LA TERRE  
ET LES MERS

OU

DESCRIPTION PHYSIQUE DU GLOBE

PAR LOUIS FIGUIER

OUVRAGE CONTENANT

195 VIGNETTES DESSINÉES PAR KARL GIRARDET, LEBRETON, ETC.

ET 19 CARTES DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

---

QUATRIÈME ÉDITION

---

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET C<sup>ie</sup>

BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

—  
1872

Droits de propriété et de traduction réservés





## PRÉFACE.

Dans la préface de *la Terre avant le déluge*, nous nous sommes appliqué à développer cette thèse, que les ouvrages destinés à l'enfance et à la jeunesse devraient s'inspirer moins des stériles et dangereuses fictions du merveilleux que des attrayantes leçons des sciences naturelles. Cette idée a rencontré une faveur générale. Si nous ne nous trompons, elle a produit l'effet d'une de ces vérités que tout le monde a pressenties ou entrevues, qui flottent vaguement dans l'imagination de chacun, et à laquelle chacun se rattache, comme à sa propre pensée, quand il la trouve formulée avec précision, corroborée par des preuves certaines et réalisée dans les faits pratiques.

A ce concert d'adhésions presque unanimes une seule note discordante est venue se mêler. Quelques auteurs ou éditeurs de contes de fées, dans les journaux ou dans les livres, ont essayé de nous combattre. Leurs attaques ne nous ont pas surpris. En soutenant que les contes de fées et toutes les productions analogues ne sont pas sans danger pour l'enfance, et qu'il importerait de les hannir, dans l'intérêt de nos jeunes générations, nous ne nous étions point flatté d'obtenir les encouragements et l'approbation des éditeurs qui exploitent ce genre d'ouvrages.

Une seule des remarques critiques qui nous ont été opposées nous a paru juste, et nous l'avons retenue. On nous a dit : « Vous êtes dans le vrai. Il faut remplacer les lectures futiles par des lectures utiles. Il faut instruire la jeunesse et former son esprit en l'amusant. Mais la tâche n'est pas aisée. Il ne suffit pas de prêcher la doctrine, il faut aussi prêcher d'exemple.

Après avoir montré la route, il faut s'y engager. Mettez-vous donc à l'œuvre, et prouvez-nous que des livres de science peuvent intéresser autant qu'un conte ou une légende. »

C'est ce que je fais. Le volume nouveau que je présente à la jeunesse bienveillante et amie n'est au fond qu'un traité de géographie; et j'ose me flatter que le jeune homme qui aura parcouru ces pages, en tirera autant d'agrément réel, et assurément plus de profit au point de vue de l'instruction, du raisonnement et de la morale, que ne peut en offrir un conte fait à plaisir.

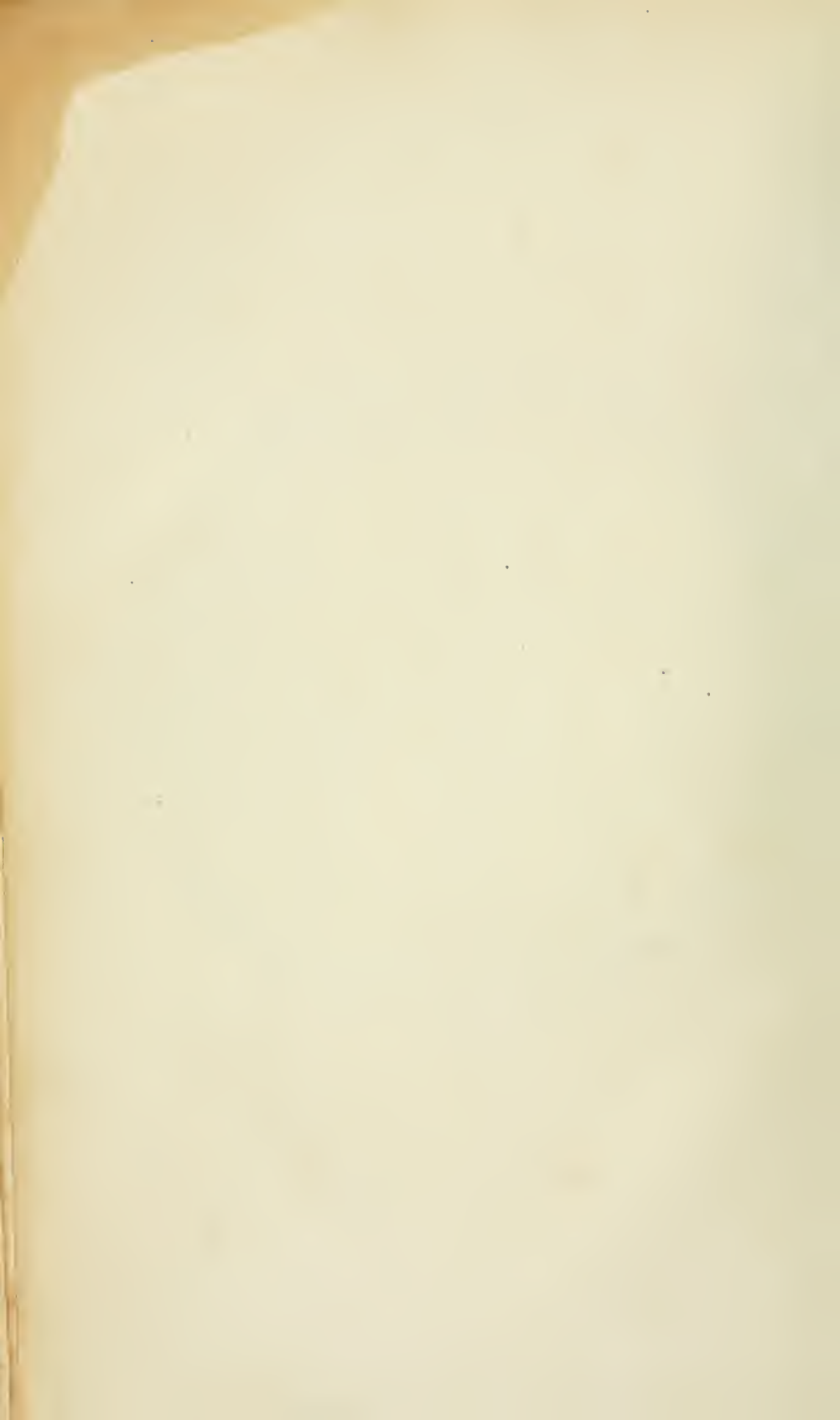
Ce volume n'est autre chose, nous le répétons, qu'un traité de géographie générale, ou de géographie physique. La géographie a été réputée jusqu'à ce jour la plus ennuyeuse des sciences, parce qu'on ne s'était pas donné la peine de chercher les moyens de prêter quelque charme à son exposé. Le chancelier d'Aguesseau écrivait à son fils : « Le détail ingrat et stérile de la géographie, lorsqu'on la détache de toute autre chose, n'est à proprement parler que le squelette du monde connu. Il faut lui donner de la chair et de la couleur, si l'on veut la faire passer dans la mémoire sous une forme gracieuse, qui l'invite à la conserver plus fidèlement. » Nous avons fait tous nos efforts pour donner au squelette de la géographie « de la chair et de la couleur, » comme le voulait d'Aguesseau. C'est au lecteur à décider si nous avons réussi dans cette tentative.

Les Allemands, qui veulent faire de l'esprit, définissent les Français en ces termes : « Un peuple qui porte des moustaches et ne sait pas la géographie. » Mes jeunes lecteurs échappent à la première partie de cette définition saugrenue, et quand ils auront lu *la Terre et les Mers*, ils échapperont à la seconde.

I  
LA TERRE D'APRÈS HOMÈRE.



Dressé par A. Vuillemin



# LA TERRE ET LES MERS.

---

## INTRODUCTION.

Après avoir exposé dans *la Terre avant le déluge* les phases successives par lesquelles notre globe a passé pour arriver à son état présent, nous nous proposons, dans ce nouveau volume, de décrire la terre actuelle et de l'étudier sous ses principaux aspects. La considérant d'abord comme individu planétaire, nous fixerons sa place dans l'univers, sa distance du soleil et ses autres rapports avec l'astre radieux, source de lumière, de chaleur et de vie. Nous déroulerons ensuite le tableau des diverses contrées du globe. Nous gravirons les montagnes, aux sommets sourcilleux, aux cimes couvertes de neiges éternelles. Nous assisterons aux phénomènes imposants et terribles des volcans et des tremblements de terre; nous descendrons dans les cratères brûlants, pour voir de près les bouches de ces cheminées colossales qui mettent la surface en communication avec l'intérieur de la terre; nous plongerons nos regards dans les flots incandescents qui bouillonnent dans leurs profondeurs. Nous remonterons aux sources des grands fleuves et les suivrons dans leur cours impétueux. Nous pénétrerons dans les grottes souterraines, vastes boursouflures internes, immenses et ténébreuses cavités, où pendent des cristaux aux mille facettes, qui n'ont jamais scintillé aux feux du jour. Nous par-



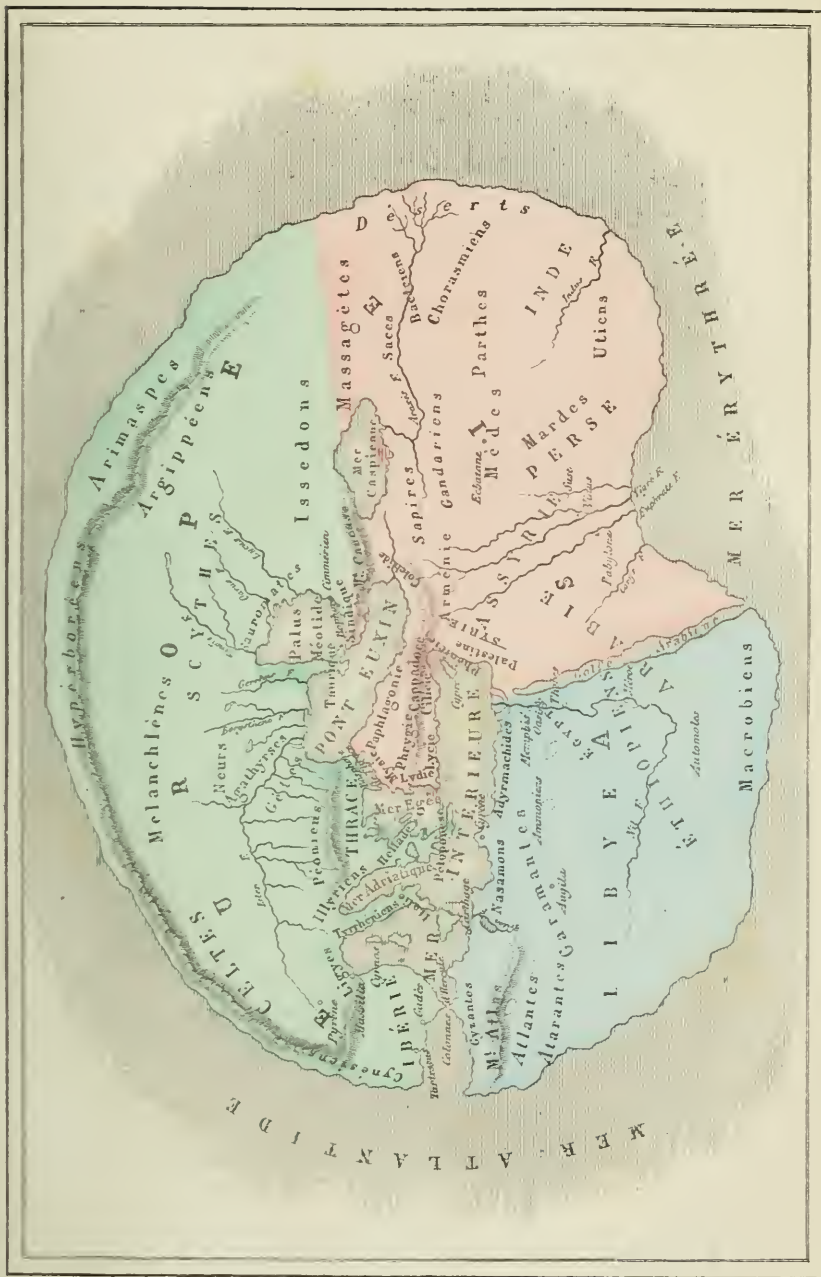
courrons la surface entière des deux hémisphères, pour apprendre comment l'action uniforme et régulière du soleil, modifiée par les accidents du sol, détermine les climats, et prépare les conditions nécessaires à l'entretien de la vie chez les êtres organisés. Nous porterons enfin nos regards sur la vaste étendue des mers, et nous étudierons les différents aspects de cet océan, tout à la fois un et multiple, et qui varie si étrangement depuis la chaude ceinture des mers équatoriales jusqu'aux régions glacées des latitudes polaires.

Il a fallu les efforts accumulés de bien des générations pour réunir l'ensemble de connaissances que nous avons à résumer; il a fallu trente siècles de travaux et d'études pour rendre possible une description de la terre comme celle que nous allons présenter à nos lecteurs. La science est presque aussi vieille que le genre humain; mais sa marche a été singulièrement lente et progressive. L'homme n'a parcouru la terre que graduellement et à pas mesurés. Ses connaissances géographiques se sont étendues comme s'élargit l'horizon de chaque individu depuis ses jeunes années jusqu'au déclin de sa carrière. L'enfant commence par se familiariser avec les êtres de la maison. Bientôt il descend dans la cour : il explore le jardin et la rue, puis la campagne et les villes d'alentour. Devenu homme, il voyage. Sa curiosité l'emporte au delà des mers; il parcourt de lointains pays, et revient aux lieux qui l'ont vu naître, après avoir vu de près, comme le vieil Ulysse, « les hommes, les cités et leurs mœurs. »

Telle a été aussi la marche de l'humanité prenant progressivement connaissance du domaine que la Providence lui a donné pour séjour pendant sa courte vie. L'horizon des anciens géographes, d'abord restreint au cercle le plus étroit, s'est peu à peu développé, à mesure que ces tirailleurs de la science, qu'on appelle les voyageurs, pénétraient plus avant dans des régions inconnues; à mesure que les Ptolémée et les Strabon révélaient à leurs contemporains surpris l'étendue et les splendeurs de terres ignorées. Le jour où l'équipage de l'immortel Génois, Christophe Colomb, salua de ses cris de reconnaissance et de joie les côtes brumeuses du Nouveau-Monde, la géographie brisa ses lisières et jeta ses souliers d'enfant; une vie nouvelle commença pour la science, comme aussi pour l'humanité.



LA TERRE D'APRÈS HÉRODOTE





Avant de présenter le tableau de nos connaissances physiques sur le globe terrestre actuel, il ne sera pas sans intérêt de jeter un coup d'œil rapide sur leur développement successif, c'est-à-dire sur l'histoire de la géographie.

Au début de sa race, l'homme n'a connu que la contrée qui le nourrissait, lui et ses troupeaux. Sa science ne va pas plus loin que la forêt qui l'entoure, la montagne où il a porté ses premiers pas, les rives du fleuve et les pâturages où s'écoulèrent ses premiers ans : le vallon dans lequel il est né et dans lequel il meurt, voilà pour lui la terre. Mais à mesure que s'augmente le nombre des familles, quand les peuplades voisines commencent à se partager le sol et à fixer les limites respectives de leurs territoires, on voit s'introduire l'idée de *pays* et celle des divisions géographiques. L'agriculture, ensuite l'industrie, viennent plus tard consolider l'existence de ces démarcations territoriales, dont l'importance s'accroît par l'institution des premiers rois, ou des simples chefs de peuplades.

Issu de la nécessité des échanges, le commerce s'enhardit et va colporter ses produits chez diverses nations inconnues. Au retour de ses excursions, le navigateur charme et éblouit les siens par le récit des merveilles qu'il a vues, ou des aventures qui ont accidenté ses pérégrinations lointaines. C'est ainsi que prend naissance, mêlée de fable et de vérité, une légende ou tradition qui représente les limbes de la géographie.

Mais où placerons-nous le berceau de cette science ? De tous les anciens peuples, quel est celui qui le premier eut des notions précises sur l'étendue des pays qui avoisinaient le sien ?

D'après un ancien auteur, il aurait existé une carte de géographie tracée au temps de l'Égyptien Sésostris, et datant dès lors de quinze siècles avant Jésus-Christ. Cependant rien ne porte à penser que les Égyptiens, qui ne furent jamais navigateurs, aient poussé leurs connaissances géographiques assez loin pour pouvoir tracer des cartes autres que celle de leur propre pays. Il est donc probable que cette première carte se bornait à l'Égypte. C'est d'ailleurs à ce degré que se sont longtemps arrêtées les connaissances des anciens peuples asiatiques, et même de quelques-uns des peuples modernes. Les Hindous

ne comprennent dans leurs mappemondes que l'Hindoustan, la Perse et l'île de Ceylan, et les Chinois ne connaissent guère que leur propre territoire.

La *Genèse* est le premier livre de l'antiquité qui renferme quelques indications géographiques. Moïse place dans l'occident de l'Asie le second berceau du genre humain, renaissant après le déluge. L'écrivain sacré parle du mont Ararat ; il cite de grands fleuves, comme le Nil et l'Euphrate, mais il ne s'explique point sur l'étendue de la terre.

Après Moïse, Homère, le poète sacré des Grecs, est le plus ancien auteur qui nous transmette sommairement les connaissances ou les idées géographiques de ses contemporains. La longue description que l'on trouve au XVIII<sup>e</sup> chant de l'*Illiade*, du bouclier forgé par Vulcain, est une petite encyclopédie pittoresque des merveilles du monde connu des anciens Grecs. La cosmographie d'Homère, que l'on voit ciselée sur le bouclier d'Achille, nous présente la terre comme un disque aplati, entouré de toutes parts et circulairement par la mer, ou plutôt par le fleuve *Océan* (*Ὠκεανός*), qui marque ainsi les limites du monde connu. Le ciel est une voûte solide qui recouvre le disque terrestre. Cette voûte est supportée par des colonnes, reposant elles-mêmes sur les épaules du dieu Atlas. Hâtons-nous de dire qu'une absurdité toute semblable se retrouve dans la cosmographie de plusieurs peuples anciens. Les Scandinaves plaçaient la terre en équilibre sur neuf piliers. Les Indiens, sectateurs de Brahma, la faisaient porter sur quatre éléphants. Mais sur quoi reposent ces neuf piliers ou ces quatre éléphants ? Quel est le dieu robuste dont les jarrets suffisent à soutenir le poids de la masse terrestre ?

Dans sa *Pluralité des mondes*, Fontenelle donne carrière à sa verve sur ce système naïf des cosmogonies anciennes. Sans nous arrêter à ces faciles caricatures, achevons la description de la cosmographie au temps d'Homère.

La voûte solide qui forme les cieux est parcourue par les astres, qui roulent sur des chars d'argent, emportés par de rapides nuages. Quand le soleil apparaît à nos yeux, il sort de l'Océan, du côté de l'orient ; le soir, il se replonge, à l'occident, dans le même fleuve. Pendant la nuit, le soleil, emporté sur un chariot d'or, remonte, par-dessous la terre, le cours de







l'éternel Ὠκεανός. Là, c'est-à-dire par-dessous la terre, est une autre voûte, correspondant par sa courbure à celle du ciel : c'est le *Tartare*, séjour ténébreux des Titans, ces anges déchus, vaincus et rebelles de la mythologie païenne. Morne et silencieux, le Tartare est plongé dans une éternelle nuit.

Voilà le premier système cosmographique que les hommes aient imaginé. Nous plaçons en regard de cette page la carte du monde d'après les idées admises en ces temps reculés. On voit que le fleuve Ὠκεανός enveloppe de toutes parts les continents. Au milieu du cercle formé par les eaux de l'immense fleuve, Homère place naturellement la Grèce, avec son archipel de petites îles qui ont pour centre le mont Olympe, séjour des dieux mythologiques. La mer Méditerranée et le Pont-Euxin partagent la terre en deux moitiés inégales, l'une au nord, l'autre au midi. Le détroit où s'élèvent les *Colonnes d'Hercule* réunit ces mers à l'Océan occidental, et le fleuve *Phasis* forme la communication du côté opposé.

Mais l'espèce de dogme cosmographique qui dans toute l'antiquité faisait considérer les *Colonnes d'Hercule* comme la barrière et l'extrémité du monde à ses rives occidentales, devait enfin disparaître. Les navigateurs sortis des ports phéniciens, franchissant le détroit d'Hercule, découvrent l'Océan au delà de ce détroit, et ils fondent des colonies sur cette route, c'est-à-dire le long des côtes d'Afrique. Carthage est la plus brillante des colonies phéniciennes. Le puissant commerce des Carthaginois, leurs relations étendues, leurs rapports fréquents avec la Phénicie, rapprochent l'Orient de l'Occident, et contribuent puissamment à dissiper l'obscurité qui couvrait l'existence ou l'étendue des contrées éloignées de la Grèce et de l'Italie. Toutefois, les autres peuples sont lents à participer aux connaissances géographiques des Phéniciens, qui gardent pour eux leurs découvertes, sachant bien que là est la clef de leurs richesses et le secret de leur commerce cosmopolite. Hérodote lui-même, lorsqu'il entreprend ces longs voyages qui lui permettent de parler avec autorité, dans ses écrits, des pays étrangers, ne peut obtenir, quand il s'arrête en Phénicie, que très-peu de renseignements des habitants de Tyr.

Avec les données qu'il possédait, Hérodote nous a retracé l'état des connaissances géographiques de son temps. Nous le

figurons dans la carte ci-jointe. Hérodote divise le monde en deux parties : l'Europe et l'Asie.

Cependant les connaissances géographiques des Phéniciens transpirent peu à peu ; les Grecs, leurs voisins, deviennent leurs émules dans l'art et les bénéfices de la navigation. Le commerce, les colonies, ne sont plus l'apanage exclusif des Phéniciens ; la Grèce y prend sa part. Bientôt les brillantes campagnes d'Alexandre jettent un jour imprévu sur l'intérieur et l'orient de l'Asie. Grâce aux travaux d'Ératosthène, de Strabon, de Polybe, de Ptolémée, qui parcourent tous les pays connus, pour recueillir des opinions et des faits, la géographie commence à devenir une science positive.

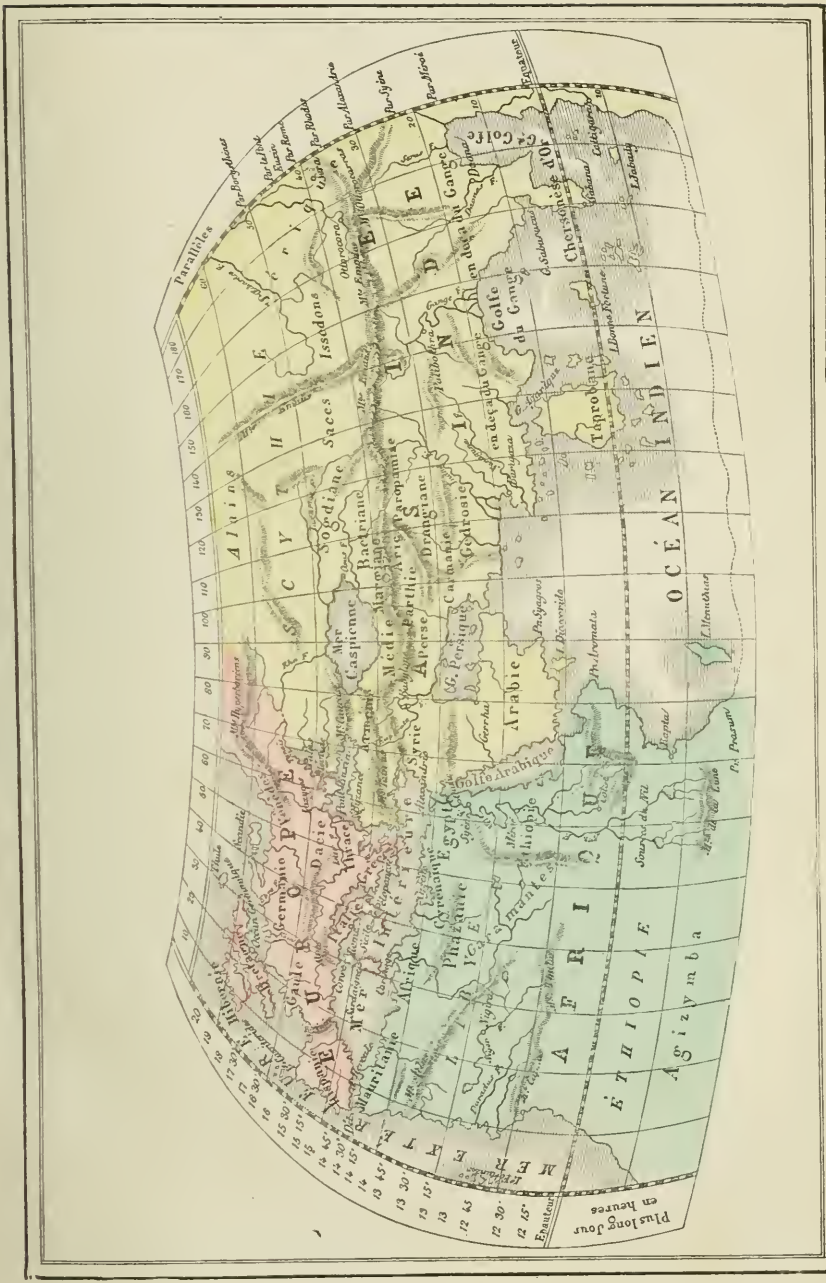
Dans les trois cartes qui suivent, nous représentons l'état des connaissances géographiques à l'époque d'Ératosthène, de Ptolémée et de Strabon. Ératosthène, qui vivait 300 ans avant J. C., étendit les bornes de la *Libye* et en fit une troisième partie du monde, qui reçut plus tard le nom d'*Afrique*. Strabon et Ptolémée, qui vivaient dans le premier et le deuxième siècle de notre ère, divisaient le monde en trois parties : l'Europe, l'Asie et l'Afrique, formant un seul continent.

L'inspection de ces cartes nous dispense de toute explication, car elles résument parfaitement, pour chacune de ces époques, l'état de la géographie.

La carte de la géographie au temps de Strabon, ce tableau des connaissances géographiques des Romains, montre que chez ce peuple on arrêta la terre, vers l'orient, aux premières régions de l'Asie. Le flot barbare qui vint submerger la civilisation occidentale et emporter leur vaste empire, prouva aux Romains que la terre était plus grande qu'ils ne l'avaient supposé. Ils cédèrent la place à ces nouveaux venus, sortis de steppes ignorées de l'extrême Asie, de ces régions hyperboréennes dont ils avaient à peine, sur la foi de Strabon, admis la lointaine existence.

Le cadre de la géographie embrasse déjà près de la moitié de la terre. On commence même à soupçonner sa véritable forme ; car les astronomes et les mathématiciens, les uns par l'aspect globulaire des astres, les autres par des déductions numériques, commencent à entrevoir l'idée d'un *globe terrestre*, et la possibilité d'une circumnavigation pour la terre entière. En-

IV  
LA TERRE D'APRÈS PTOLÉMÉE



Carte de la Terre d'après Ptolémée.

Dressé par A. Vauillemin



fin, dirigés par l'aiguille aimantée, la grande et féconde conquête du douzième siècle, les navigateurs portugais se contentent intrépidement à la haute mer, et finissent par toucher, avec gloire, au cap de Bonne-Espérance. En 1492, Christophe Colomb découvre le Nouveau-Monde, qui va bientôt doubler l'étendue des terres connues; et l'on voit s'ajouter aux cartes géographiques des continents immenses qui jusque-là avaient été aussi peu accessibles à l'homme que le soleil ou la lune.

Le génie humain peut dès lors s'exercer sur l'étendue entière du globe, et les efforts réunis d'innombrables voyageurs ne laissent pas sans l'explorer un seul coin des régions habitables de sa vaste étendue. Après les calculs faits par les géomètres qui avaient déduit la forme précise de la terre, c'est-à-dire sa sphéricité et l'aplatissement polaire, la mesure directe d'une partie de deux méridiens pris à l'équateur et aux pôles prouve, avec éclat, que la terre est bien un sphéroïde aplati. Enfin, pendant le siècle dernier, le relief des montagnes, la profondeur des mers, la nature géologique et minéralogique des couches successives et les circonstances qui ont déterminé les grands accidents de l'écorce terrestre, la véritable configuration du fond des mers, etc., sont scrutés de la manière la plus rigoureuse. Tout cela, dans le siècle actuel, nous est connu dans ses traits généraux; il ne reste à notre génération qu'à approfondir les détails topographiques.

Ce qui, de nos jours, contribue le plus aux progrès de la géographie, c'est que l'immensité des distances, qui autrefois arrêtaient les grandes explorations du globe, a pour ainsi dire disparu. L'espace n'est plus une insurmontable barrière. Grâce à la facilité et à la rapidité des communications, la terre a été parcourue jusque dans ses derniers recoins, et l'homme est devenu un être cosmopolite. Par le contact mutuel et réciproque des peuples, les nationalités s'évanouissent; le genre humain, comme l'individu, tend de plus en plus à s'affranchir de la glèbe natale, pour s'unir dans un type uniforme de caractère et de pensée. Prenons un exemple. Au temps du peuple romain, les Alpes formaient un rempart infranchissable, qui séparait l'empire des Césars du pays des barbares. Aujourd'hui le touriste, venu de toutes les parties du monde, parcourt avec bonheur ces sites pittoresques qui, pendant tant de siècles, avaient



été le domaine non disputé des chamois et des aigles. Depuis l'année 1871, une voie ferrée a percé de part en part les flancs granitiques de ces montagnes, ouverts par la science et l'industrie, et, à travers l'épaisseur des Alpes, la jeune Italie tend aujourd'hui la main aux nations ses voisines. L'immense continent de l'Amérique du Nord est traversé depuis 1868 par une ligne de chemin de fer, qui relie sans interruption l'océan Atlantique à l'océan Pacifique. La chaîne de l'Oural va devenir aussi une porte ouverte au passage de la civilisation, prête à pénétrer au cœur de l'Asie. Les mers, qui ont longtemps opposé le plus grand obstacle aux communications entre les peuples, sont aujourd'hui le plus commode intermédiaire de leurs rapports. Le cap de Bonne-Espérance, que la puissance maritime du Portugal au seizième siècle avait mis cent ans à atteindre, n'est plus pour nos paquebots qu'une station de relâche : une frégate parcourt en deux mois ces 4000 lieues. A la fin du siècle dernier, le voyage de la Chine exigeait dix mois; aujourd'hui, un navire à vapeur accomplit en quatre mois ce trajet, qui représente la moitié du tour du monde; et ce temps sera abrégé de moitié quand le canal de Suez sera ouvert à la grande navigation. Les détroits ou bras de mer, qui séparent deux pays, ne sont plus que les ports de chacun d'eux. Londres touche Paris, Marseille est voisine d'Alger, Stockholm de Pétersbourg. Les grands fleuves de l'Amérique, comme l'Amazone et le Mississipi, sont couverts de bâtiments à vapeur qui promènent sur leurs eaux les pavillons mêlés des nations des deux mondes; tous ces navires se confondent et s'unissent, comme sont unis aujourd'hui les intérêts des hommes, partout corrélatifs et solidaires. Il est impossible de deviner les transformations et les prodiges que la société humaine verra se réaliser lorsque, dans un avenir plus ou moins prochain, la science, en possession de moyens plus puissants encore que ceux dont elle dispose aujourd'hui, aura ouvert de larges et commodes routes à travers les montagnes des Cordillères et de l'Himalaya, à travers le Caucase et l'Oural, à travers les isthmes de Suez et de Panama; lorsque enfin la navigation aérienne, découverte et régulièrement établie, aura réalisé le vœu enthousiaste du poète : *des ailes, des ailes!*







SITUATION  
DU GLOBE TERRESTRE  
DANS L'ESPACE.

---

I

Situation de la terre dans l'univers et dans le monde solaire. — Rapports de la terre avec les autres planètes et le soleil. — Coup d'œil sur les principaux systèmes imaginés pour expliquer le mouvement des corps célestes. — Système de Ptolémée; système égyptien. — Kopernik et Kepler découvrent le véritable mécanisme du monde solaire.

La terre est un grain de la semence que le divin semeur a jetée dans le champ du soleil, pour germer dans l'espace, fleurir et fructifier.

L'orgueil de l'homme s'est longtemps exagéré l'importance du rôle de la terre dans l'univers; il s'est obstiné à vouloir en faire le centre du monde. Le soleil, la lune, les planètes et les étoiles, n'étaient pour lui que des corps secondaires, contraints par une loi divine de défiler éternellement devant le trône de la terre immobile, pour charmer les yeux de ses habitants, illuminer ses jours et éclairer ses nuits d'une douce clarté. Rien de plus faux que ce roman de la vanité humaine. La terre n'occupe qu'une place inférieure dans l'ensemble du monde solaire; elle n'est que l'une des nombreuses planètes qui gravitent autour du soleil. Elle est loin même d'être le plus grand de ces astres, car il est des planètes d'une masse bien plus considérable que la sienne.

Puisque la terre est une *planète*, il importe de bien fixer les idées sur ce que l'on entend par cette désignation.

Le mot planète vient du grec *πλανήτης*, qui signifie *errant, vagabond*. Les planètes sont, en effet, des astres qui circulent sans cesse autour du soleil, l'astre central de notre monde. Le soleil retient les planètes par son attraction, à peu près comme l'écuyer qui tient au bout d'une longe le cheval tournant autour du manège circulaire. Cette image, vulgaire sans doute, a pourtant le mérite de donner une idée de la manière dont s'exerce l'action du soleil sur la terre, qui tourne autour de cet astre central en accomplissant un cercle complet dans l'espace d'une année. Seulement, tandis que la longe de l'écuyer est un lien matériel et visible, l'attraction est un invisible lien, d'une nature inconnue et mystérieuse, et qui ne se trahit que par ses effets, comme l'attraction qu'un corps électrisé exerce sur les corps légers. La puissance attractive du soleil suffit pour contraindre le globe terrestre à tracer autour de cet astre une orbite constante et régulière.

Il faut bien distinguer les planètes des étoiles. Bien que sur la voûte céleste ces astres se confondent, car leurs dimensions et leur éclat semblent pareils, il y a, pour ainsi dire, un abîme entre la fonction des étoiles et celle des planètes. Une étoile n'est rien moins qu'un soleil qui brille, comme notre soleil, d'un éclat qui lui est propre; elle ne doit sa resplendissante clarté qu'aux feux qu'elle émet par elle-même. Ainsi les étoiles fixes sont les centres lumineux de mondes semblables à notre monde solaire, tandis que les planètes ne sont que des astres secondaires qui tournent autour de notre soleil.

La terre n'est, on vient de le dire, que l'une des planètes que l'ordre de la nature contraint à tourner sans cesse autour du soleil. Comme les autres planètes, la terre obéit à deux mouvements : un *mouvement de rotation* sur son axe, qui s'exécute dans un intervalle de vingt-quatre heures, et un *mouvement de translation* autour du soleil, qui s'exécute dans l'espace d'une année.

Le *mouvement de rotation* de la terre autour de son axe produit l'alternance régulière des jours et des nuits. Pendant une partie des vingt-quatre heures que dure cette rotation, le disque lumineux du soleil est perdu de vue par les habitants d'une

moitié de la terre, et ainsi se produisent les nuits et les jours. Nous expliquerons dans le chapitre suivant la cause de la longueur croissante et décroissante des nuits selon l'époque de l'année.

Le *mouvement de translation* de la terre autour du soleil s'accomplit dans l'espace d'une année. On appelle *orbite terrestre* ou *écliptique*, la trace idéale de ce mouvement de translation dans l'espace<sup>1</sup>. L'orbite terrestre n'est pas rigoureusement un cercle, qui aurait le soleil pour centre; c'est une ellipse presque circulaire, dont l'un des foyers est occupé par le soleil. On appelle *ellipse* ou *ovale*, en géométrie, un cercle légèrement allongé : si l'on coupe obliquement un cylindre, le contour de la section représente une ellipse.

L'ellipse n'étant pas, comme le cercle, symétrique autour d'un centre, il en résulte que la terre n'est pas toujours à la même distance du soleil. Le 2 juillet, la terre est au point le plus éloigné du soleil; elle en est le plus rapprochée au 1<sup>er</sup> janvier. La distance moyenne entre les deux astres a lieu le 1<sup>er</sup> avril et le 2 octobre. Au cœur de l'hiver, la terre est plus près du soleil de 5 millions de kilomètres qu'au milieu de l'été. Cette circonstance semble paradoxale, mais il ne faut pas oublier qu'à l'époque où nous avons l'été en Europe, les habitants de l'hémisphère opposé ont l'hiver. Du reste, les variations annuelles de notre distance du soleil n'ont pas d'influence sur le cours des saisons, car elles sont compensées par les variations, qui sont simultanées avec elles, de la vitesse angulaire de la terre. Le printemps et l'été de l'hémisphère nord pris ensemble étant de sept jours et demi plus longs que le printemps et l'été de l'hémisphère sud, cette inégalité rétablit l'équilibre entre les quantités totales de chaleur que la terre reçoit du soleil pendant ces deux intervalles de temps, puisque l'intervalle le plus long correspond à la distance la plus grande du soleil et à la moindre intensité de la chaleur.

Quelle est la distance moyenne, en d'autres termes, quelle est l'étendue de l'espace qui sépare la terre du soleil? Cette distance est de 150 millions de kilomètres.

1. Le mot *écliptique* vient du mot *éclipse*, parce que les éclipses de soleil et de lune n'ont lieu que lorsque la lune coupe la courbe de l'orbite terrestre.



On ne peut se faire une idée de distances aussi considérables qu'en les offrant à l'esprit par voie de comparaison. Pour concevoir la distance de la terre au soleil, demandons-nous combien de temps il faudrait pour la parcourir en certaines conditions déterminées.

Un homme marchant à pied, en admettant qu'il fit par heure 8 kilomètres, et qu'il ne se reposât ni jour ni nuit, mettrait 2000 ans à parvenir au soleil. Une locomotive lancée à toute vapeur, c'est-à-dire faisant à l'heure 60 kilomètres (15 lieues de 4 kilomètres), mettrait trois siècles pour atteindre au soleil. Un boulet de canon qui conserverait sa vitesse initiale (500 mètres par seconde, ou environ 450 lieues par heure) y parviendrait en 10 ans. Le son mettrait 15 ans à franchir la distance de la terre au soleil, s'il y avait de l'air dans les espaces planétaires et que cet air eût la même densité que le nôtre. Enfin, le plus rapide des agents, la lumière, que l'on considère comme ayant une vitesse de transport presque instantanée, a besoin de 8 minutes pour franchir cette même étendue.

La terre se déplace et parcourt son orbite avec une étonnante rapidité. Sa vitesse de translation autour du soleil est d'environ 30 kilomètres par seconde, ou d'un peu plus de 100 000 kilomètres par heure. La terre dévore l'espace 60 fois plus vite qu'un boulet de canon.

Il faut ajouter, pour être complet, qu'en outre de ces deux mouvements de rotation sur son axe et de translation autour du soleil, la terre participe au mouvement commun qui emporte à travers l'espace le monde solaire tout entier. Le soleil, avec toute sa famille et son cortège de planètes, décrit dans le ciel, autour de quelque centre inconnu caché dans les profondeurs de l'espace, une courbe d'un rayon si étendu qu'elle nous semble rectiligne. Comme tous les astres qui composent le monde solaire, la terre obéit à ce mouvement d'ensemble, dont la vitesse est de près d'un myriamètre par seconde.

Si nous comparons maintenant notre globe aux autres planètes qui composent le monde solaire, il nous sera facile de voir que, sous le rapport de sa distance au soleil, et par conséquent de sa température, enfin sous le rapport de son volume, la terre représente une sorte de juste milieu, ou de terme



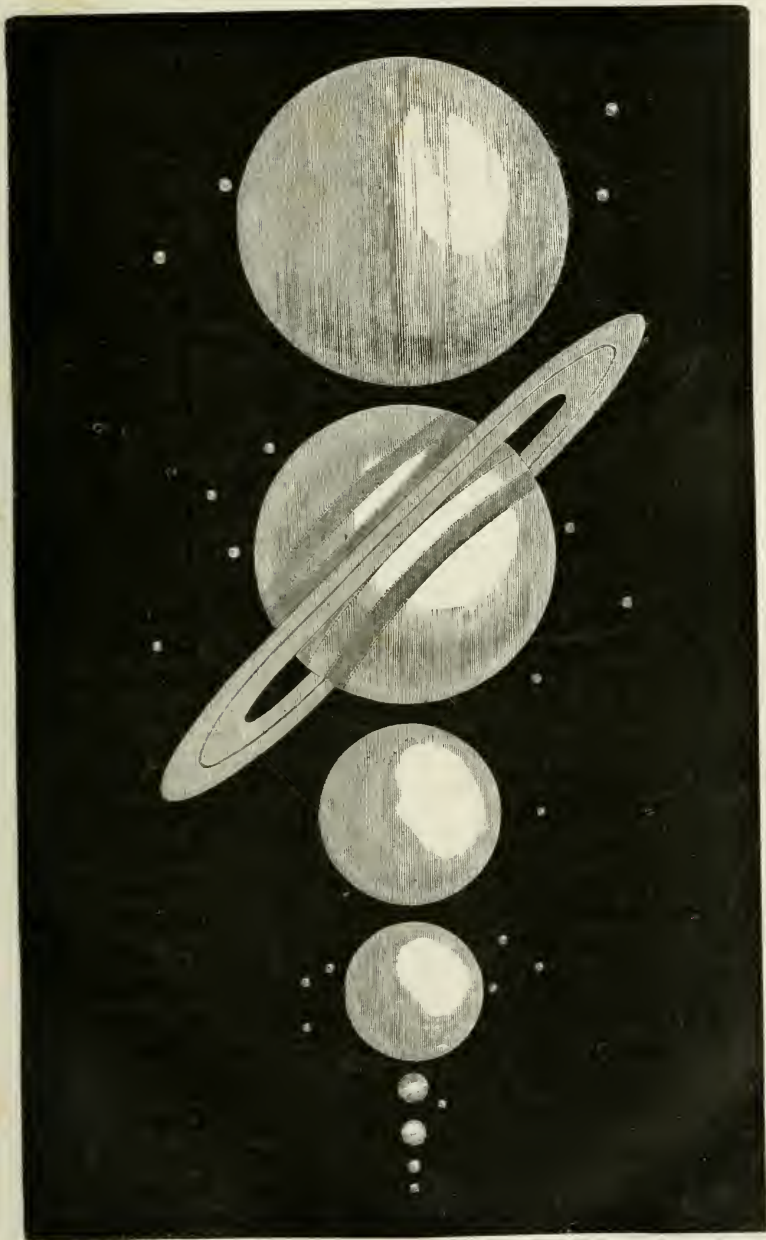


Fig. 1. Grandeurs relatives des planètes.

1. Mercure. — 2. Mars. — 3. Vénus. — 4. Terre. — 5. Uranus. — 6. N. ptane. — 7. Saturne et son anneau. — 8. Jupiter.



moyen entre les extrêmes que l'on trouve dans le monde solaire. Elle n'est ni la plus rapprochée, ni la plus éloignée du soleil; elle n'a ni la brûlante température de Vénus, ni le froid glacial de Saturne ou d'Uranus.

La figure 2 montre exactement l'éloignement des diverses planètes du soleil. Si l'on désigne par 10 la distance moyenne de la terre au soleil, les distances de toutes les planètes au soleil forment approximativement la série suivante :

Mercure,	Vénus,	Terre,	Mars,	Astéroïdes,	Jupiter,	Saturne,	Uranus,	Neptune.
4	7	10	15	21 à 35	52	95	192	300

Plus les planètes sont éloignées du soleil, plus, on le conçoit, doit être longue la durée de leur révolution autour de cet astre central. Mercure accomplit en 88 jours sa rotation autour du soleil; Vénus en 225 jours (sept mois et demi); Mars met 687 jours (deux ans moins six semaines); les astéroïdes mettent de 3 à 6 ans; Jupiter, 12 ans; Saturne, 30; Uranus, 84; enfin Neptune, la planète découverte de nos jours par le génie mathématique de M. le Verrier, emploie 165 ans à faire autour du soleil sa révolution complète.

La terre pèse à peu près autant que la planète Vénus. La masse, ou le poids de Mercure, est 6 fois moins forte que celle de la terre, Mars est 8 fois moins lourd, Uranus pèse 15 fois, Neptune 20 fois plus que la terre. Le poids de Saturne est égal à celui de 100 globes terrestres; le gros Jupiter pèse autant que 338 globes terrestres; mais, d'un autre côté, les astéroïdes sont 800 000 fois plus légers que la terre. Ces petites masses de matière, qui souvent ne dépassent pas quelques lieues d'étendue, ne sont peut-être que les dé-



Fig. 2. Eloignement des planètes du soleil.

bris de planètes brisées, emportés dans le tourbillon commun du monde solaire.

Nous représentons sur la figure 1 la *grandeur relative des planètes* depuis le massif Jupiter jusqu'au modeste Mercure. Sur cette figure, la lune est placée près de la terre, comme son satellite; les autres planètes sont également escortées de leurs satellites.

Les montagnes ne forment à la surface de la terre que des éminences d'une faible élévation. Si l'on se figure la terre comme une orange, les petites rugosités de sa surface peuvent, jusqu'à un certain point, représenter la hauteur des montagnes les plus élevées de notre globe. En effet, la hauteur la plus considérable des montagnes terrestres ne dépasse pas 9 kilomètres. Or, les montagnes de Vénus, dont la masse est sensiblement égale à celle de la terre, dépassent peut-être 150 kilomètres. Les montagnes de la lune ont jusqu'à 6 kilomètres. et la masse de la lune est bien inférieure à celle de la terre.

Toutes ces comparaisons établissent qu'il y a plus d'harmonie dans la plasticité, dans les variations de relief de la terre, que dans celles d'autres corps célestes que nous connaissons. Elles confirment aussi la remarque que nous avons faite plus haut quant au rôle de notre planète au milieu du monde solaire, à savoir que la terre représente une sorte d'état moyen, également éloigné de tous les extrêmes : également éloigné, en ce qui touche les dimensions, du trop grand comme du trop petit ; en ce qui touche le mouvement, de la rapidité comme de la lenteur ; en ce qui touche la température, des trop grandes chaleurs comme du froid excessif. Cette harmonie, cet équilibre admirable de toutes les conditions destinées à favoriser l'existence et le développement de la vie, caractérisent notre globe, qui semble avoir été prédestiné par le Créateur à servir de nid et de séjour à l'espèce humaine. L'homme n'aurait pu trouver sur aucune autre planète le moyen de satisfaire avec autant de facilité aux besoins variés de sa nature multiple, et de se préparer à l'existence éternelle qui doit succéder à sa vie terrestre.

Comme les grandes planètes, la terre est escortée d'un *satellite*. On nomme ainsi certains corps célestes, attachés aux

grands astres comme d'invariables compagnons, et qui les suivent dans leur course éternelle. Saturne et Uranus ont huit satellites ; Jupiter en a quatre ; la terre, planète d'importance moyenne, n'a qu'un satellite : c'est la lune.

La lune est placée à 38 000 kilomètres de la terre, ce qui représente une distance 400 fois plus petite que sa distance au soleil. La lune, 50 fois plus petite que la terre, accomplit en 28 jours sa révolution autour de cette planète.

Tel est le système général du monde solaire ; tels sont les mutuels rapports des astres que nous voyons briller dans le calme et la sérénité d'une belle nuit. Ce système, admirablement simple, satisfait l'esprit ; il explique jusque dans leurs derniers détails tous les phénomènes que l'observation a fait découvrir.

Nos jeunes lecteurs se tromperaient néanmoins en s'imaginant que cette belle conception soit entrée sans combat dans l'esprit des générations humaines. Dans l'origine, l'orgueil de notre espèce, égaré par une mauvaise philosophie, répugnait à l'idée de placer la terre à un rang secondaire. On ne pouvait se décider à croire que tout ici-bas ne fût point subordonné à notre globe, et que les mondes qui nous entourent eussent un autre rôle que de charmer les yeux des hommes par le spectacle du firmament étoilé et radieux. Plus tard, une interprétation erronée de la Bible arrêta la vérité dans sa marche ; si bien, et l'on a quelque honte à le dire, que le système du monde, tel que nous venons de l'exposer, n'est généralement admis que depuis deux siècles.

Bien que l'idée de faire de notre globe un simple satellite du soleil ait toujours déplu à l'esprit des anciens, il est pourtant digne de remarque que quelques philosophes grecs ont mis en avant cette pensée. Tel fut, par exemple, tout à fait au début de la science européenne, le sublime Pythagore, qui plaçait le soleil, ou le feu, au centre du monde. Un autre philosophe, le pythagoricien Aristarque, de Samos, s'exprime comme il suit, dans un fragment de ses écrits qui nous a été conservé : « La terre tourne autour de son axe, et en même temps elle décrit autour du soleil un cercle oblique. Cet astre est seulement à la distance des étoiles comme le centre à la circonférence, ce qui fait que le mouvement de la terre ne peut être révélé à nous par les étoiles fixes. »



Aristarque écrivait ces remarques profondes trois siècles avant Jésus-Christ, plus de dix-huit cents ans avant la démonstration mathématique de la réalité de cette belle conception. Les vues d'un philosophe si en avant sur son époque n'excitèrent d'ailleurs que le mépris de ses contemporains. Si l'on prit un moment au sérieux les idées de ce Kopernik de l'antiquité, ce fut pour l'accuser d'impiété et d'audace. Tel est l'office que prit un certain Cléanthe, qui adressa publiquement à Aristarque les plus amers reproches, pour « avoir troublé le repos de Vesta et des Lares. » *Vesta* signifiait la terre. C'est par ces métaphores mythologiques que parlaient les beaux esprits de l'antiquité.

Les spéculations de quelques anciens philosophes étaient une bien faible barrière pour cet orgueilleux sentiment de l'homme qui le porte à se croire le centre et le but de tout dans l'univers visible. On peut dire que, jusqu'au dix-septième siècle, on n'a jamais varié dans la doctrine qui plaçait la terre au centre de l'univers. On en faisait le noyau du monde. Les étoiles fixes, les planètes errantes, la lune, le soleil même, n'étaient que des accessoires, des apparitions, qui n'allaient pas au delà des limites de l'atmosphère. Cette idée est partout dans l'histoire des anciens peuples : on la trouve même dans les noms qui servent à désigner les pays. Les Hindous habitent la *midhiana*, les Scandinaves la *midgard*, deux noms qui signifient *terre du milieu*, c'est-à-dire du milieu des contrées connues de ces peuples ; les Chinois appellent aussi leur pays *l'empire du milieu*.

Les géographes et les astronomes des anciens âges ont réduit en doctrine ce principe, et composé des systèmes qui, ne différant entre eux que par quelques particularités, sont toujours d'accord pour placer la terre au centre du monde.

De tous ces systèmes, le plus célèbre, celui qui a joui de la plus longue faveur, est celui de Ptolémée, savant de l'école d'Alexandrie, qui exécuta ses travaux vers l'an 128 de notre ère, et qui profita beaucoup des observations d'Hipparque, grand astronome grec qui vivait 300 ans avant Ptolémée.

Ptolémée fit de la voûte céleste un tout matériel et solide. Ce qu'il appelait le *premier mobile* consistait en une sphère de cristal, animée d'un mouvement uniforme et continu. Dans ce

mouvement, la sphère de cristal entraîne non-seulement les étoiles, points brillants fixés dans sa concavité, mais encore un certain nombre d'autres sphères intérieures qui, dans leur mouvement, entraînent et conduisent les planètes, le soleil et la lune. La sphère étoilée tourne autour de la terre en 24 heures. Le soleil et la lune cheminent dans les orbites mobiles et les parcourent, le premier en 365 jours, le second en 28 jours. Les mouvements des planètes sont plus compliqués :

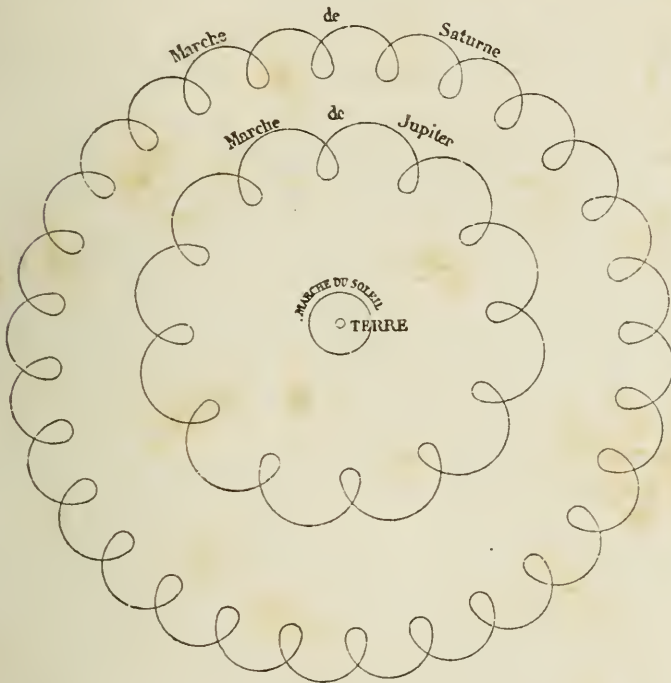


Fig. 3. Épicycles de Ptolémée.

ces astres ne décrivent pas simplement des cercles dans leur sphère; ils tournent encore chacun autour d'un centre imaginaire, qui lui-même est censé parcourir une orbite circulaire (le cercle *déférent*), mouvement dont la trace est une courbe formant une série de *nœuds* ou *épicycles*, lesquels répondent à peu près aux apparences du mouvement des planètes. Pour Jupiter, il fallait 12 *épicycles*; pour Saturne, 29; et ainsi de suite.

La figure 3 donne une idée des *épicycles* de Ptolémée.

Nous représentons dans la figure 4 le système cosmographique du même astronome. Au milieu se voit la terre, environnée extérieurement de feu (c'est précisément le contraire de la vérité, d'après le principe fondamental de la géologie moderne; mais il est bien entendu que nous ne nous attachons pas ici à relever les erreurs du système de Ptolémée : nous nous bornons à le décrire). Au-dessus de la terre se voit le *premier ciel de cristal*, qui porte et entraîne la lune. Sur le deuxième et le



Fig. 4. Système cosmographique de Ptolémée.

troisième ciel de cristal sont les planètes Mercure et Vénus, qui y décrivent leurs *épicycles*. Le quatrième ciel appartient au soleil; il y parcourt le cercle nommé *écliptique*. Les trois dernières sphères célestes entraînent Mars, Jupiter et Saturne. Au delà des planètes est le *ciel des étoiles fixes*. Il tourne sur lui-même d'orient en occident, avec une inconcevable rapidité et une force d'impulsion incalculable, car c'est lui qui met en branle toute cette fabuleuse machine.

Ptolémée place aux derniers confins de ce vaste ensemble le séjour des bienheureux. Trois fois heureux, en effet, car ils n'ont plus rien à démêler avec ce terrible système, si peu limpide, malgré tant de cristal!

L'ouvrage qui renferme les travaux de l'astronome grec resta, après l'antiquité, en grande faveur chez tous les savants, en particulier chez les Arabes, qui eurent le privilège et le mérite de conserver intact le dépôt des sciences, lorsque l'Europe, pendant les douzième et treizième siècles, était plongée dans les ténèbres de la plus épaisse ignorance. Ce livre s'appelait, chez les Arabes, *Almageste*, c'est-à-dire le *Grand Livre*, le *Livre par excellence*.

Mahomet, le fondateur de la religion musulmane, fit du système de Ptolémée un dogme que Dieu même avait sanctionné. Aussi ce système est-il encore suivi et vénéré dans tout l'Orient.

Nous avons toutefois à noter une discordance dans la faveur universelle qui accueillit la cosmographie de Ptolémée. Il est un roi de Castille, auquel la postérité a conservé le nom de *savant*, que ses contemporains lui avaient décerné : *Alphonse X*, dit *le Savant* ou *l'Astronome*, qui vivait au treizième siècle. La complication du système de Ptolémée inquiétait cet excellent prince. C'est sous l'empire de ce sentiment qu'il se laissa aller à dire un jour : « Si Dieu m'eût appelé dans son conseil quand il créa le monde, j'aurais pu lui donner quelques bons avis pour le construire d'une façon plus simple. » Cette boutade, qui n'atteignait que le système scientifique de Ptolémée et non la majesté divine, coûta cher au savant monarque, qui perdit sa couronne, en partie pour cette parole imprudente.

La conception de Ptolémée laissait subsister une difficulté : c'était de savoir pourquoi Mercure et Vénus se tenaient toujours à proximité du soleil. Le désir d'expliquer ce fait particulier fit introduire une certaine modification dans la doctrine primitive. On attribua aux planètes Mercure et Vénus un mouvement de révolution autour du soleil. Ainsi, l'on accordait à ces deux petites planètes ce que l'on refusait à la terre. Ce système qui représente un commencement de concession à l'esprit nouveau, porte le nom de *Cosmographie égyptienne*. On le voit représenté dans la figure 5.

Mais dans tous ces systèmes on ne faisait, comme on le voit,

aucune place aux comètes. On aurait été fort embarrassé de caser parmi toutes ces sphères de cristal ces astres voyageurs. Les comètes, « ces bohémiens du système solaire, » comme les appelle lord Wrottesley, auraient cassé bien des vitres dans ce fragile édifice.

C'est à un chanoine allemand qui vivait au seizième siècle, à Nicolas Kopernik, qu'était réservée la gloire, à jamais immortelle, de renverser tout cet échafaudage d'erreurs ; de rompre

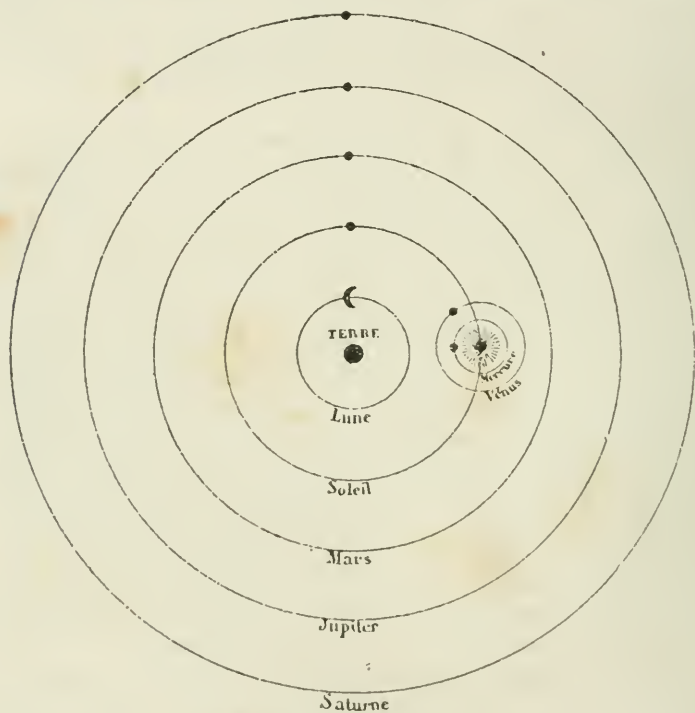


Fig. 5. Système cosmographique égyptien.

comme Alexandre, avec l'épée de son génie, le nœud gordien des *épicycles* de Ptolémée, et de fonder le système qui est le bréviaire de nos astronomes.

Né en 1472, à Thorn en Prusse, Nicolas Kopernik ne publiait qu'en 1543, c'est-à-dire dans les dernières années de sa vie, l'admirable ouvrage qui devait détruire le système séculaire des écoles, et y substituer celui qui forme la base de l'astronomie moderne. Cet ouvrage avait pour titre : *De orbium caele-*



*tium revolutionibus*; il était dédié au pape Paul III. L'auteur n'en vit le premier exemplaire que sur son lit de mort.

Kopernik plaça le soleil immobile au centre du monde, et fit tourner autour de l'astre central les planètes, parmi lesquelles il comprit la terre. Il donna à la terre un mouvement de rotation sur son axe, s'accomplissant en vingt-quatre heures (fig. 6). Le mouvement de rotation diurne et nocturne des astres qui apparaissent à la voûte céleste, s'expliqua dès lors avec une merveilleuse facilité. Ainsi l'astronome allemand dépouillait la terre du brillant cortège d'astres de toute grandeur qu'on lui avait accordé depuis l'origine des sciences; il le réduisait à un seul satellite, la lune, qui éclaire ses nuits par la réflexion des rayons du soleil, passé sous l'autre hémisphère.

Kopernik s'exprime ainsi dans la dédicace de ses *Révolutions célestes* :

« Je suis certain que les savants proclameront la vérité de ma découverte quand ils auront pu examiner avec attention les preuves que je fournis. Que si des ignorants ou des esprits légers veulent m'opposer certains passages des saintes Écritures, dont ils méconnaissent le sens, je méprise leurs attaques. Les vérités mathématiques ne peuvent avoir pour juges que des mathématiciens. »

L'astronome de Thorn ne se trompait pas en entrevoyant une grande opposition à ses vues. Peu de temps avant la publication de son livre, le P. Riccioli proposait une série d'arguments contre le mouvement de la terre. Ces arguments, au nombre de soixante-dix-sept, étaient plus absurdes les uns que les autres. « Les oiseaux, dit par exemple le P. Riccioli, oseraient-ils s'élever dans les airs, s'ils devaient voir la terre fuir au dessous d'eux? » On peut, par cet échantillon, juger du reste.

Le livre des *Révolutions célestes* fut mis à l'index par le tribunal du saint-siège. Aussi le P. Boscovich, faisant imprimer, à Rome, en 1746, un travail sur les orbites des comètes, croyait-il devoir s'exprimer ainsi : « Pour moi, je regarde la terre comme immobile. Toutefois, pour la simplicité des explications, je ferai comme si elle tournait.... » Lorsque en 1829 Varsovie éleva un monument à Kopernik, aucun prêtre n'osa célébrer le service divin annoncé : Kopernik était mort sans se corriger.

Le grand astronome Tycho-Brahé admirait la simplicité de la cosmogonie de Kopernik ; mais il ne pouvait comprendre le mouvement initial imprimé à une masse aussi considérable que la terre. De plus, les paroles de l'Écriture sainte l'éloignaient de cette doctrine. Pour mettre d'accord la religion et la cosmographie nouvelle, Tycho-Brahé imagina un moyen terme, un système *éclectique*, comme on dit dans notre philo-

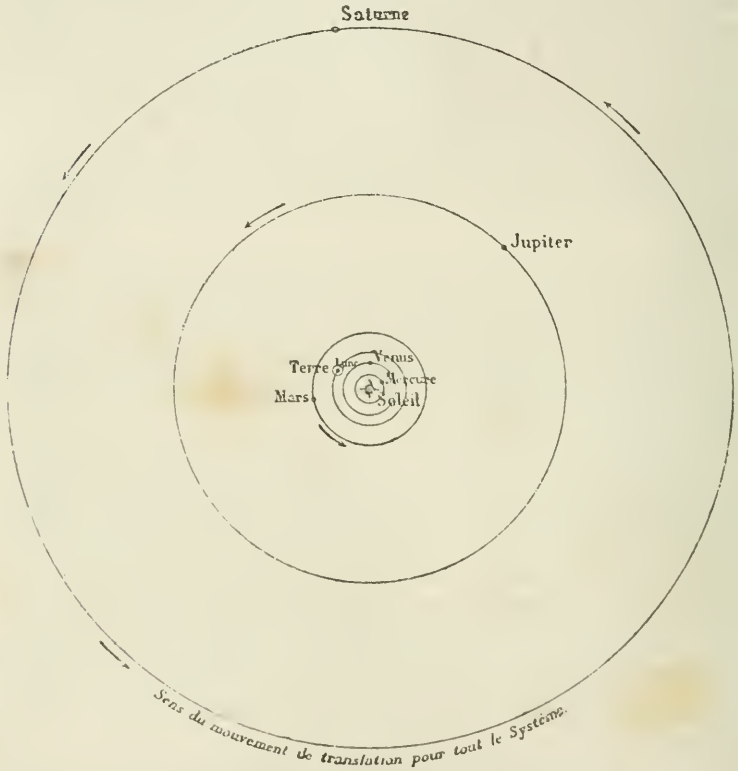


Fig. 6. Système cosmographique de Kopernik.

sophie française. Il permit aux planètes de tourner autour du soleil, comme le voulait Kopernik ; mais il rendit la terre fixe, et fit tourner le soleil autour de la terre immobile. Ainsi Tycho-Brahé accordait à notre planète l'immobilité qu'il refusait au soleil. Voilà comment les plus grands esprits du dix-septième siècle, gênés par la regrettable intervention d'un scrupule religieux sans fondement réel, hésitaient entre l'évi-

dence de la vérité scientifique et une erreur qui n'avait pour elle qu'une mauvaise interprétation de quelques lignes de la Bible.

En découvrant les véritables lois du mouvement des corps célestes, le grand Keppler vint apporter au système de Kopernik le secours et le complément qui lui manquaient; et dès lors le fait de la rotation de la terre devint une certitude pour tous les esprits éclairés. Keppler découvrit que les planètes décrivent autour du soleil des ellipses, et non des cercles; il fixa les lois mathématiques précises auxquelles obéissent les orbites de ces astres.

Keppler, un des plus étonnants génies qui aient honoré l'humanité, était astronome de la cour de Prague. Ses travaux et ses malheurs en ont fait une des plus grandes figures du dix-septième siècle. L'accusation de sorcellerie qui ne cessa de le poursuivre lui et sa mère, jeta sur toute sa vie des embarras et des périls dont il ne put triompher qu'à force de constance et de courage. Heureusement une imagination brûlante, qui lui faisait dominer toutes les adversités de sa carrière, lui inspira la force nécessaire pour terminer l'œuvre de son génie.

Ecoutez ce trait sublime du livre de Keppler. Après avoir découvert la troisième loi astronomique qui porte son nom, Keppler se décide à publier son livre, et il écrit dans la préface :

« Le sort en est jeté, j'écris mon livre. On le lira dans l'âge présent, ou dans la postérité. Que m'importe ! Il peut attendre son lecteur. *Dieu a bien attendu six mille ans qu'il vint un homme capable de comprendre et d'admirer son ouvrage !* »

L'immortel Galilée fut l'un des plus ardents sectateurs du système de Kopernik. Faisant, pour la première fois, usage de la lunette astronomique, qu'il venait de construire d'après la simple annonce de la découverte de cet instrument, Galilée constata le mouvement de rotation de la planète Vénus et celle de Mercure autour du soleil. Raisonnant par analogie, il conclut à la rotation de la terre, en invoquant d'ailleurs toutes les autres preuves réunies par Keppler, et qui confirment cette vérité fondamentale.

La passion religieuse de cette époque devait faire cruellement expier à l'immortel Florentin ses convictions scientifiques. En 1633, l'inquisition romaine décrète Galilée de prise de corps, et

le condamne à la prison, pour avoir professé et proposé le principe, contraire, disait-on, aux saintes Écritures, du mouvement de la terre dans l'espace. Sous la menace de la torture imminente, le malheureux Galilée se résigna à faire une abjuration solennelle de ses *erreurs*. Voici la pièce qu'il consentit à revêtir de sa signature, après l'avoir lue à haute et intelligible voix, agenouillé devant le redoutable conclave :

« *Ego Galilæus, filius Vincentii Galilæi, Florentinus, ætatis meæ annorum 70, constitutus personaliter in judicio, et genuflexus coram vobis eminentissimis et reverendissimis Dominis cardinalibus, universæ Christianæ Reipublicæ contra hæreticam pravitudinem generalibus inquisitoribus..., corde sincero et fide non ficta, ABJURO, MALEDICO ET DETESTOR supradictos ERRORES ET HÆRESES...* »

« *Moi, Galilée, fils de Vincent Galilée, Florentin, âgé de 70 ans, constitué personnellement en justice, étant à genoux devant vous, très-éminents et très-révérands cardinaux, inquisiteurs généraux de la Chrétienté contre la malice des hérétiques..., d'un cœur et d'une foi sincère, j'abjure, je maudis, je déteste les susdites erreurs et hérésies (du mouvement de la terre).* »

On a longtemps prétendu que Galilée, après avoir lu cette déclaration, et en se relevant, aurait dit, en frappant de son pied la terre : *E pur si muove!* « *Et pourtant elle tourne!* » D'après des travaux récents<sup>1</sup>, cette assertion serait controuvée. Le malheureux vieillard serait allé, en silence, cacher dans la libre retraite que lui valut son abjuration, l'amertume de ses derniers jours.

Mais que Galilée ait fait ou non cette protestation tardive, sous l'œil de ses juges et de ses bourreaux, cette exclamation célèbre, *E pur si muove!* toute la génération scientifique actuelle la prononce avec un élan unanime. *La terre tourne!* et nous allons voir, dans le chapitre suivant, les conséquences de ce grand principe, avec l'explication facile qu'il nous donne des grands phénomènes terrestres.

1. Voir notre ouvrage *Vies des savants illustres* (Savants du dix-septième siècle), GALILÉE, pages 142-144, in-8°, Paris, 1869.

## II

### Les saisons terrestres. — Les jours et les nuits.

Le système du monde solaire que nous venons d'exposer va nous permettre de rendre compte de ce que l'on nomme les *saisons*, et d'expliquer la cause de l'inégalité des jours et des nuits sur la terre.

L'orbite terrestre est une ellipse peu différente d'un cercle. Comme nous l'avons déjà dit, on donne à l'orbite terrestre le nom d'*écliptique*. La terre parcourt l'écliptique dans l'espace d'une année, en tournant autour d'un axe dirigé constamment vers les deux mêmes points du ciel, ou, en d'autres termes, toujours parallèle à lui-même. Il suit de là que le plan de l'équateur céleste, qui est perpendiculaire à l'axe terrestre, conserve aussi toujours la même inclinaison par rapport au plan de l'écliptique dans lequel se meut la terre; cette inclinaison, qui est de  $23^{\circ} 27'$ , s'appelle l'*obliquité de l'écliptique*.

Le parallélisme constant de l'axe de rotation de la terre sur elle-même est la cause déterminante des saisons. La même cause fait naître les variations périodiques de la longueur des jours et des nuits; ou plutôt ces deux effets, chaleur de l'été et longueur des jours, froid de l'hiver et brièveté des jours, tiennent à une cause commune; il s'agit maintenant de mettre cette cause en relief.

La figure 7, que nous empruntons à l'*Atlas de géographie* de M. Babinet<sup>1</sup>, montre la terre dans douze positions correspondant aux douze mois de l'année. Pendant une moitié de l'année, l'extrémité nord de l'axe terrestre (l'extrémité supérieure dans la figure) penche vers le soleil, et l'extrémité sud en est détournée. Pendant l'autre moitié, c'est le pôle sud qui s'incline vers le soleil, pendant que l'extrémité nord s'en éloigne. On voit,

1. *Atlas universel de géographie physique, politique et historique*, chez E. Bourdin et L. Hachette. Paris, 1861.



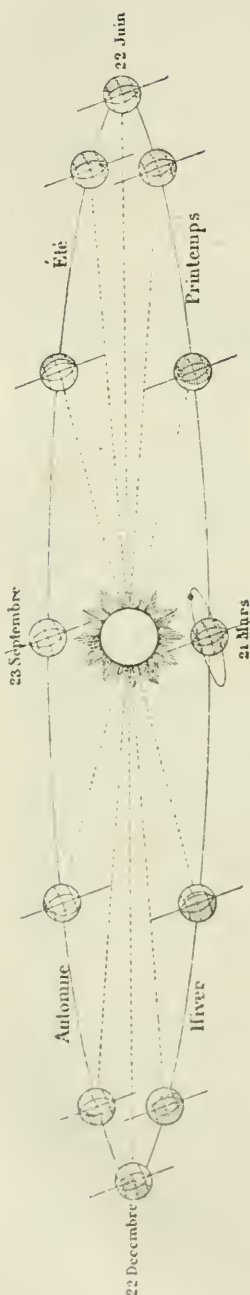


Fig. 7. Position de la terre par rapport au soleil pendant les douze mois de l'année.

dans cette figure, que le pôle nord, ou *boréal*, s'éloigne le plus du soleil vers le 22 décembre, et s'en rapproche le plus vers le 21 juin. Les deux pôles sont à égale distance angulaire du soleil le 21 mars et le 23 septembre; à cette époque le soleil se trouve dans le plan de l'équateur.

A un moment donné, le soleil éclaire toujours une moitié de la terre, et l'autre moitié est plongée dans l'ombre; sur la première, il fait jour, et nuit sur l'autre. On appelle *cercle d'illumination* le grand cercle qui sépare le jour de la nuit, qui sépare l'hémisphère éclairé de l'hémisphère obscur. Le 21 mars et le 23 septembre, le cercle d'illumination passe par les deux pôles, et divise en deux moitiés égales tous les parallèles terrestres. Voici ce qui en résulte. En vingt-quatre heures, la terre aura fait une rotation complète autour de son axe; chacun de ses points aura séjourné douze heures dans l'ombre et douze heures dans la lumière; par conséquent, les jours auront alors la même durée que les nuits sur tout le globe. C'est pour cette raison que l'on dit que le 21 mars et le 23 septembre sont les époques des *équinoxes*.

La figure 8, qui représente l'écliptique vue de face, fera encore mieux comprendre ce qu'on vient de lire.

On voit que le 21 décembre le pôle nord est dans l'ombre; il y reste pendant toute la durée d'une rotation de la terre; le soleil ne paraît point à son horizon. Le 21 juin, c'est le pôle sud

qui demeure dans l'obscurité; tandis que le pôle nord reste éclairé pendant toute la durée d'une rotation du globe. Le côté nord de la terre est alors penché vers le soleil, et tout l'hémisphère nord reste plus longtemps exposé aux rayons solaires que plongé dans l'ombre; les jours sont alors plus longs chez nous que les nuits, et nous avons l'été. Le contraire a lieu pour l'hémisphère sud; ses nuits sont alors plus longues que ses jours, et l'hiver existe. Le 21 décembre, tout est renversé : hiver et longues nuits au nord, été et nuits courtes au sud de la terre.

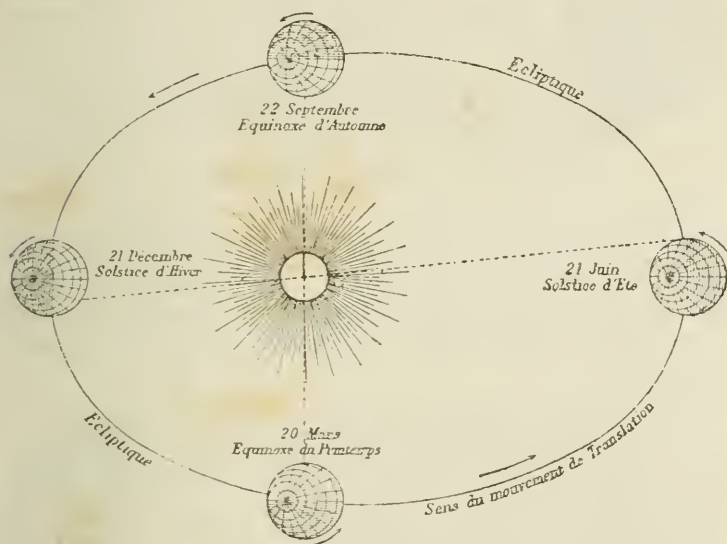


Fig. 8. Ecliptique vue de face, et montrant les saisons terrestres.

Les époques du 21 juin et du 21 décembre s'appellent *solstice d'été* et *solstice d'hiver*<sup>1</sup>, parce que le soleil semble alors rester stationnaire pendant quelques jours; il est alors à sa plus grande distance du pôle sud et du pôle nord respectivement, et avant de rebrousser chemin pour revenir vers le pôle dont il s'est éloigné, il semble se reposer un peu : de là le nom de *solstice* (*sol stat*).

Afin de mieux faire comprendre la distribution des saisons

1. Il serait plus juste de dire *solstice de juin* et *solstice de décembre*, puisque l'été et l'hiver de notre hémisphère correspondent à l'hiver et à l'été de l'hémisphère opposé.

sur notre globe, nous donnons ici deux figures représentant la terre vue de profil aux époques des solstices. Le cercle d'illumination y est toujours figuré par une ligne verticale. Dans la figure 9, on voit un arc de cercle ayant pour centre le pôle

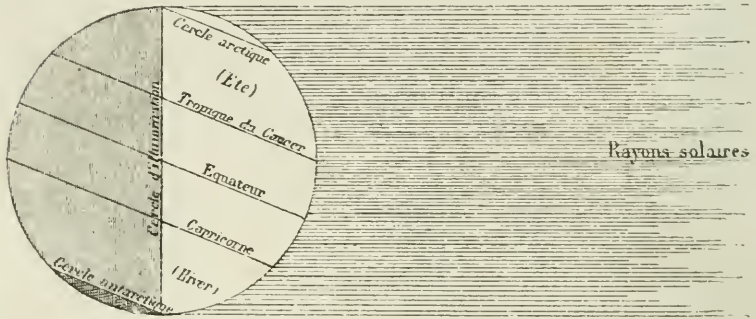


Fig. 9. Solstice d'été.

nord et touchant à la limite de l'ombre; il circonscrit la région qui reste, pendant la rotation de la terre, exposée aux rayons du soleil : on l'appelle *cercle arctique* (du grec ἀρκτος, l'ourse, constellation polaire). Dans la figure 10, la même région se

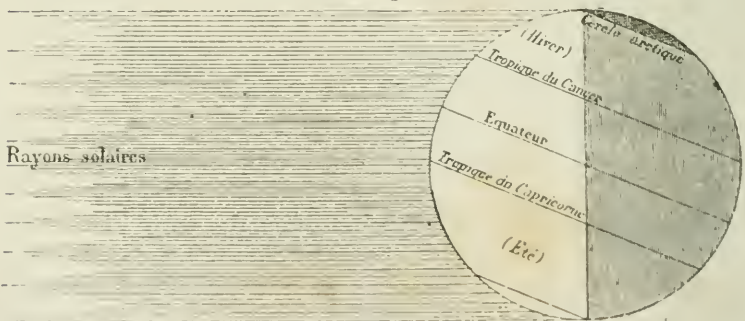


Fig. 10. Solstice d'hiver.

trouve tout entière dans l'ombre; elle y reste donc pendant au moins vingt-quatre heures, à l'époque du solstice d'hiver. Un cercle analogue, ayant pour centre le pôle sud, s'appelle *cercle antarctique* (comme on dirait : contre-polaire). Il limite la région qui reste dans l'ombre à l'époque du solstice d'été, et on

il fait jour au moins vingt-quatre heures, au moment du solstice d'hiver.

Les cercles qui portent le nom de *tropiques* ont le soleil de midi au *zénith*, c'est-à-dire d'aplomb au-dessus de la tête de leurs habitants, à l'époque d'un solstice : phénomène qui arrive aux équinoxes pour les habitants de l'équateur. Les *tropiques* (nous expliquerons cette dénomination plus loin) limitent sur la terre les régions pour lesquelles le soleil peut atteindre le zénith et envoyer ses rayons perpendiculairement sur le pays. La bande ainsi limitée a reçu la dénomination de *zone torride*; les régions circonscrites par les cercles polaires, et qui sont privées du soleil une partie de l'année, ont mérité le nom de *zones glaciales*; enfin les deux bandes comprises entre chaque cercle polaire et le tropique voisin s'appellent *zones tempérées*.

Dans les deux figures 9 et 10, le cercle d'illumination partage l'équateur en deux moitiés égales; sur chacun de ses points, il fera jour pendant douze heures et nuit pendant douze heures, à toutes les époques de l'année. Les régions au-dessus sont plus avantagées que celles au-dessous, dans la première, et moins que les autres dans la seconde figure. L'hémisphère nord aura l'été et des jours de plus de douze heures, l'hémisphère sud l'hiver et des jours de moins de douze heures au mois de juin; l'inverse aura lieu au mois de décembre.

Aux deux saisons extrêmes, hiver et été, on a ajouté deux saisons intermédiaires : printemps et automne. Pour l'hémisphère nord, le printemps commence avec l'équinoxe du 22 mars, l'été avec le solstice du 21 juin, l'automne avec l'équinoxe du 23 septembre, l'hiver avec le solstice du 22 décembre.

Dans la région des pôles nord et sud, il fait jour pendant six mois et nuit pendant autant de mois, si l'on fait abstraction du crépuscule qui abrège cette longue nuit. Le ciel étoilé y tourne une fois en vingt-quatre heures comme un immense cadran; les étoiles ne se lèvent ni ne se couchent jamais. Le soleil décrit pendant six mois une spirale au-dessus de l'horizon, se rapprochant d'abord du pôle céleste et s'en éloignant ensuite peu à peu, jusqu'à ce qu'il disparaisse sous l'horizon, vers l'époque de l'équinoxe.

La figure 11 représente la marche *apparente* du soleil dans le

ciel, pendant le cours d'une année. On y voit aussi les *tropiques célestes* qui correspondent aux tropiques terrestres, et qui tirent leur nom du grec *τροπή* (*retour*), parce que le soleil, lorsqu'il les a atteints, semble revenir sur ses pas pour s'en éloigner de nouveau. On les appelle *tropique du Cancer* et *tropique du Capricorne*, parce que le soleil, aux époques des solstices (quand il touche à l'un des tropiques), se trouve soit dans le signe du Cancer, soit dans celui du Capricorne.

Les *signes célestes* sont douze constellations dont l'ensemble a reçu le nom de *Zodiaque*, et que le soleil paraît parcourir successivement, par suite du mouvement annuel de la terre. La

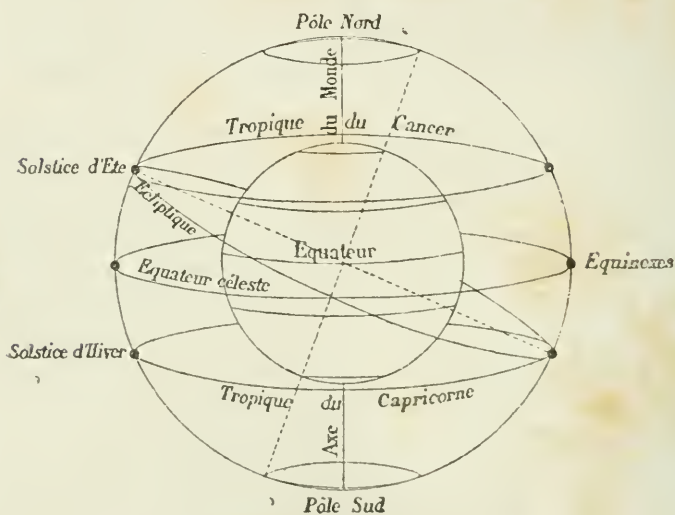


Fig. 11. Marche apparente du soleil.

figure 12 représente les symboles adoptés pour ces douze signes<sup>1</sup>.

Dans son mouvement apparent, le soleil voyage donc au milieu de constellations célestes ; il en fait le tour en 365 jours 6 heures, et en même temps il s'éloigne et se rapproche alternativement de l'équateur céleste, qu'il traverse aux époques des équinoxes.

1. Le poëte Ausone les résume dans ces deux vers latins :

*Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,  
Libraque, Scorpius, Arciteneus, Caper, Amphora, Pisces.*





Fig. 12. Signes du zodiaque.

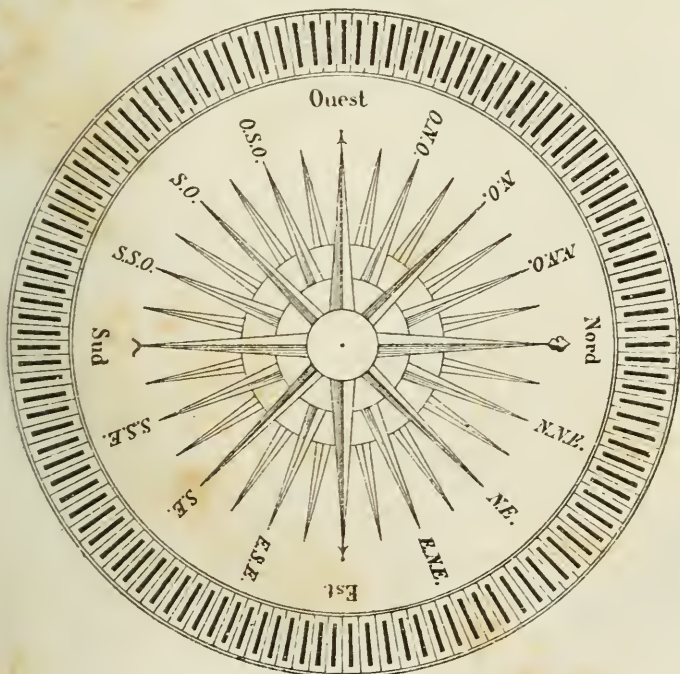


Fig. 13. Rose des vents.

L'équateur céleste rencontre l'horizon en deux points que l'on appelle *est* (orient) et *ouest* (occident). L'est se trouve à gauche et l'ouest à droite d'un observateur qui regarderait vers le sud.

On nomme *rose des vents* (fig. 13) le tableau sur lequel sont indiquées, avec leurs subdivisions, les positions relatives qui ont reçu le nom de *nord*, *sud*, *est* et *ouest*.

Tout le monde sait que l'heure varie suivant la position des lieux sur la terre, de l'est à l'ouest. L'heure de midi, par exemple, comme toutes les autres, fait successivement le tour de la terre, en allant de l'orient à l'occident. Il est midi à Vienne avant Strasbourg, et midi dans cette dernière ville lorsqu'il n'est encore que 11 heures 38 minutes à Paris. Cette différence, dont les savants s'occupaient à peu près seuls autrefois, intéresse tout le monde depuis les voyages fréquents et rapides des chemins de fer.

En France, on se règle dans toutes les gares d'après l'heure de Paris. Par conséquent, les villes situées à l'est de la capitale avancent, celles situées à l'ouest retardent.

Comme les pays limitrophes ont adopté leurs propres heures, il est bon, en voyage, d'avoir l'indication des heures qui sont différentes selon le pays.

Le tableau suivant fait connaître le retard et l'avance de plusieurs villes de la France et de l'étranger sur l'heure moyenne de Paris :

I. VILLES DE FRANCE SITUÉES A L'OUEST DE PARIS  
ET PAR CONSÉQUENT

EN RETARD.

	Minutes.		Minutes.
Agen . . . . .	7	Cherbourg . . . . .	16
Alençon . . . . .	9	Dieppe . . . . .	5
Angers . . . . .	12	Évreux . . . . .	5
Angoulême . . . . .	9	Lorient . . . . .	23
Bagnères-de-Bigorre . . . . .	9	Le Mans . . . . .	9
Bayonne . . . . .	15	Nantes . . . . .	16
Biarritz . . . . .	16	Pau . . . . .	11
Bordeaux . . . . .	12	Poitiers . . . . .	8
Brest . . . . .	27	Rennes . . . . .	15
Caen . . . . .	11	Rochefort . . . . .	12

	Minutes.		Minutes.
La Rochelle .....	14	Saumur.....	10
Rouen.....	5	Versailles.....	1

VILLES SITUÉES A L'EST, ET PAR CONSÉQUENT

EN AVANCE.

	Minutes.		Minutes.
Ajaccio.....	26	Lille.....	3
Arles.....	9	Lyon.....	10
Avignon.....	10	Mâcon.....	16
Bar-le-Duc.....	11	Marseille.....	12
Beaune.....	10	Metz.....	15
Besançon.....	15	Montpellier.....	6
Châlons-sur-Marne.....	8	Nancy.....	15
Châlon-sur-Saône.....	10	Nice.....	20
Colmar.....	20	Plombières.....	16
Chambéry.....	14	Reims.....	7
Dijon.....	11	Sedan.....	12
Draguignan.....	17	Strasbourg.....	22
Fontainebleau.....	1	Toulon.....	14
Grenoble.....	14	Valence.....	10

II. VILLES DE L'ÉTRANGER

EN RETARD.

	Heur. Min.		Heur. Min.
Lisbonne.....	» 16	Rio-Janeiro.....	3 2
Londres.....	» 10	Saint-Domingue.....	3 49
Madrid.....	» 24	Saint-Pierre (Martini-	
Mexico.....	6 40	que).....	4 14
New-York.....	5 5	San-Francisco.....	8 19
Panama.....	5 27	Taiti.....	10 7
Philadelphie.....	5 10		

EN AVANCE.

	Heur. Min.		Heur. Min.
Amsterdam.....	» 10	Calcutta.....	5 »
Athènes.....	1 26	Constantinople.....	1 47
Bade.....	» 24	Copenhague.....	» 41
Batavia.....	6 58	Francfort-sur-Mein.....	» 35
Berlin.....	» 44	Genève.....	» 15
Bruxelles.....	» 8	Jérusalem.....	2 11
Bucharest.....	1 35	Moscou.....	2 21
Buenos-Ayres.....	4 3	Munich.....	» 37
Le Caire.....	1 56	Naples.....	» 48

## EN AVANCE (Suite).

	Heur. Min.		Heur. Min.
Pékin.....	7 37	Tunis .....	» 31
Rome .....	» 40	Turin.....	» 21
Saint-Pétersbourg....	1 52	Varsovie.....	1 15
Smyrne.....	1 39	Venise .....	» 40
Stockholm.....	1 3	Vienne (Autriche).....	» 56

# FORME ET DIMENSIONS DU GLOBE TERRESTRE.

---

## I

Forme de la terre. — Preuves de sa convexité. — Histoire des moyens employés pour déterminer les dimensions de la terre. — Aristote. — Possidonius. — Ératosthène. — Ptolémée. — Le calife Al-Mamoun. — Le médecin Fernel, au seizième siècle, mesure un degré du méridien. — Snellius. — Longitudes et latitudes. — Méthode de triangulation. — L'Académie des sciences de Paris. — Travaux de Newton sur l'aplatissement polaire. — Commissions scientifiques envoyées en 1736 par l'Académie des sciences au pôle et à l'équateur. — Mesures modernes. — Delambre et Méchain. — Biot et Arago. — Système métrique. — Véritables dimensions du sphéroïde terrestre. — Détermination des longitudes par les observations astronomiques. — Globes et cartes géographiques.

Pour un spectateur placé sur le soleil ou sur une autre étoile fixe, la terre ne serait qu'un point brillant dans le ciel, une étoile parmi les étoiles.

Pour un habitant de la lune, pour un *sélénite*, la terre apparaîtrait sous la forme d'un disque lumineux, quatorze fois plus grand que nous ne voyons le disque lunaire, et *occupant toujours la même position dans le ciel*, tandis que le soleil et les étoiles défileraient lentement devant lui. L'habitant de la lune verrait la terre suspendue au firmament, comme un immense cadran d'horloge, dont la rotation quotidienne indiquerait pour lui les vingt-quatre heures. Les *phases de la terre* marqueraient les mois pour le *sélénite*. La figure 14, qui a été dessinée d'après une gravure du *Panorama des mondes* de Lecouturier,



montre comment on peut se représenter notre globe, en le supposant vu de la lune.

La détermination de la véritable forme de la terre a coûté, depuis l'origine des sciences, bien des travaux et des efforts. Quand on monte sur un lieu élevé, par exemple sur une colline située au milieu d'une vaste plaine, ou bien encore sur le mât d'un vaisseau, la vaste étendue que l'on aperçoit apparaît comme un plateau circulaire, sur les bords duquel semble reposer et s'appuyer la voûte céleste. Aussi, pendant bien des siècles, les hommes se sont-ils représenté la terre comme une sorte de plaine infinie, c'est-à-dire comme une surface plate et horizontale. Il a fallu la science d'une foule de générations successives pour s'affranchir de cette erreur des sens, pour se placer à un point de vue abstrait, et contempler, avec les yeux de l'esprit, la terre nageant dans l'espace, sous la forme d'un globe librement suspendu dans les régions planétaires.

La première démonstration pratique de la forme arrondie de notre planète a été fournie par les navigateurs qui, en voguant toujours droit devant eux, ou dans une direction invariable, firent sur leurs vaisseaux le tour du monde, et revinrent à leur point de départ.

Le navigateur Magellan est le premier qui ait fait un voyage de circumnavigation. Parti, au mois de septembre 1519, des côtes du Portugal, il découvrit, un an après, le détroit qui porte aujourd'hui son nom, et qui est situé à l'extrémité de l'Amérique méridionale. Il découvrit ensuite les îles Philippines, où il périt dans un engagement contre les naturels. Ses lieutenants, continuant de voguer vers l'ouest, revinrent en Europe. Si la terre était une surface plate, ce retour au point de départ n'eût pas été possible.

Mais les preuves de la rotondité de la terre sont faciles à multiplier. L'une des plus vulgaires est la suivante. Lorsque, marchant dans une plaine, on approche d'un village, on aperçoit d'abord le sommet du clocher, ensuite le toit de l'église, enfin les maisons les plus basses. Il faut conclure de là qu'en marchant vers le village on remonte une ligne courbe, au lieu de rester toujours au même niveau par rapport à ce point.

Quand on se trouve au bord de la mer, et que l'on regarde un navire arrivant au port, on commence toujours par aper-



Fig. 14. La terre vue de la lune.



cevoir les pointes des mâts ; les voiles surgissent ensuite, enfin le corps tout entier du navire se montre à découvert (fig. 15). Le vaisseau, qui ne se révèle ainsi que petit à petit à l'œil de l'observateur placé sur le rivage, remonte donc une surface arrondie.

Le phénomène auquel nous venons de faire allusion s'observe même sur les lacs d'une certaine étendue, comme le lac de Constance. Un passager placé sur le pont du bateau à vapeur qui traverse cette belle nappe d'eau, peut, à l'aide d'une lunette, voir les barques des pêcheurs émerger peu à peu du lac à sa limite apparente, c'est-à-dire au pied des montagnes.

La limite où le ciel et la mer semblent se confondre pour un spectateur placé sur le rivage, c'est-à-dire *l'horizon apparent*, s'éloigne d'autant plus que le point de vue est plus élevé, car

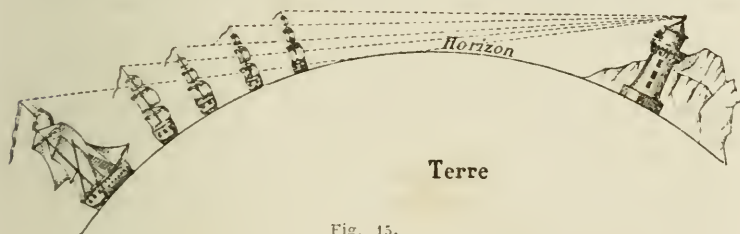


Fig. 15.

cette limite se trouve à la distance où la ligne visuelle qui part de l'œil de l'observateur est tangente à la sphère terrestre. Un phare, par exemple, est visible à une distance d'autant plus grande qu'il est plus élevé. Un phare haut de 100 mètres domine 35 kilomètres d'étendue en mer.

Une autre preuve de la convexité de la terre résulte de certaines apparences que les astres présentent au voyageur. En allant de l'équateur vers le nord, on voit l'étoile polaire monter dans le ciel et les constellations méridionales disparaître l'une après l'autre derrière soi. Si l'on va vers le sud, on voit, au contraire, apparaître des étoiles nouvelles sur l'horizon sud, tandis que les étoiles voisines du pôle nord s'abaissent et se cachent au-dessous de l'horizon. Il est donc impossible que la ligne méridienne soit une droite tracée sur une plaine; elle doit se courber vers le nord et vers le sud.

Une éclipse de lune arrive dans le ciel à un moment déterminé ; mais si on l'observe à dix heures du soir à Paris, il est près de onze heures à Vienne quand la même éclipse se manifeste dans cette ville. Le soleil s'est donc levé à Vienne une heure plus tôt qu'à Paris, d'où il suit que la terre est courbe d'orient en occident.

Disons enfin que, dans une éclipse lunaire, l'ombre de la terre projetée sur le disque éclipsé de la lune présente la forme circulaire : c'est l'ombre d'un corps sphérique. La terre ressemble donc à tous les autres corps célestes qui se présentent à nos yeux avec une forme sphérique.

Plusieurs philosophes de Grèce, qui avaient compris la véritable figure de notre globe, tentèrent d'en calculer la grandeur. Aristote nous dit que la *circonférence* de la terre est de 400 000 *stades*. Ce nombre rond indique suffisamment qu'il ne s'agissait pas d'une détermination géométriquement exacte, mais seulement d'une estimation approximative. Nous ne savons pas d'ailleurs de quel genre de stades parlait Aristote. On connaît, en effet, des stades de 500, de 600, de 1111 au degré, etc. Les auteurs grecs donnent pour la circonférence terrestre, tantôt 300 000, tantôt 400 000, tantôt 250 000 stades, et, malgré les recherches les plus profondes de nos géographes, on ignore encore ce que signifient au juste ces anciennes évaluations. Tout ce qui résulte de là, c'est que les anciens Grecs avaient une idée assez exacte de la courbure et des dimensions de la terre.

C'est ainsi, par exemple, que Possidonius ayant remarqué que l'étoile *Canopée* paraissait à Rhodes à l'horizon, tandis qu'elle se montrait à Alexandrie élevée de la 48<sup>e</sup> partie du cercle, en conclut que Rhodes était éloigné d'Alexandrie de la 48<sup>e</sup> partie du cercle méridien ; et il se servit de cette observation pour déterminer la longueur d'un méridien terrestre. Mais Possidonius se trompait en croyant que ces deux villes sont sur le même méridien.

Eratosthène s'approcha davantage de la vérité. Il savait qu'à Syène le soleil, au moment du solstice d'été, ne produisait, lorsqu'il se trouvait au méridien, aucune ombre au fond des puits ; tandis qu'à Alexandrie le soleil passait, à la même époque, à 7° 12' au sud du zénith. En effet, un *gnomon* ou *style*, élevé verticalement au centre d'un hémisphère concave, y pro-



jetai à midi son ombre sur la 50<sup>e</sup> partie du cercle. Ératosthène en conclut que la distance de 5000 stades qui séparait Syène d'Alexandrie, était la 50<sup>e</sup> partie d'un cercle méridien, et que la circonférence d'un méridien entier était de 50 fois 5000 ou 250 000 stades. Exprimé en stades de 180 mètres, ce nombre équivaut à 45 millions de mètres, ce qui se rapproche de 40 millions de mètres, nombre adopté aujourd'hui pour la longueur du méridien terrestre. Malheureusement, Syène et Alexandrie ne sont pas sous le même méridien. Malgré l'exactitude relative de son évaluation, Ératosthène a donc fait une erreur de principe.

On doit à Ptolémée d'avoir réuni et coordonné toutes les mesures essayées avant lui concernant les dimensions de la terre.

Le calife Al-Mamoun, prince éclairé, dont le souvenir sera toujours en honneur dans l'histoire des sciences, voulut, plus tard, vérifier tous ces résultats anciens. Il fit mesurer la longueur d'un degré. Les géomètres chargés par lui de ce travail choisirent pour leurs opérations la plaine de Sennaar, en Mésopotamie. Ils se séparèrent en deux groupes, dont l'un se dirigea vers le nord et l'autre vers le sud. Après s'être éloignés d'un degré de leur point de départ, ils mesurèrent la distance parcourue : elle était de 56 milles arabes et demi. Ainsi, d'après cette mesure, la longueur du degré était de 56 milles arabes et demi. Mais quelle est la valeur du mille arabe? Un mille arabe a 4000 aunes de 24 pouces chacune, et chaque pouce a 6 grains d'orge. Mais que vaut un grain d'orge? Quelques savants estiment le mille arabe à 2100 mètres : cela donnerait un peu plus de 42 millions de mètres pour le périmètre de la terre mesuré par les Arabes.

C'est un médecin français qui, au milieu du seizième siècle, reprit la question des dimensions de la terre au point où les anciens l'avaient laissée. Fernel est connu, dans l'histoire de la médecine, comme le restaurateur des écrits des Arabes et de Galien, comme un écrivain élégant et un dialecticien solide; il est connu, dans l'histoire générale, comme médecin de Diane de Poitiers et de Henri II, qu'il accompagna au siège de Calais. Mais ce que l'on ignore généralement, c'est l'opération, vraiment étonnante dans ses résultats, qu'il eut le bonheur d'ac-

complir pour la mesure du méridien terrestre. Le moyen qu'il mit en usage est tellement simple, tellement grossier pour mieux dire, que l'on en est encore à se demander quel hasard il peut cacher. Fernel adapta à sa voiture un compteur, pour enregistrer le nombre de tours des roues; puis il mesura la longueur d'un degré sur la route de Paris à Amiens, en notant, au moyen de ce compteur, le nombre des tours de roues de sa voiture. Et, chose singulière, cet étrange moyen d'arpentage lui donna pour la valeur du degré, 57 070 toises, valeur très-peu éloignée de celle que devaient fournir les opérations géodésiques modernes.

Au commencement du dix-septième siècle, on commença à appliquer à la mise en œuvre du procédé employé pour la première fois par le philosophe Ératosthène toutes les ressources d'une science déjà assez avancée. En 1617, l'astronome hollandais Snellius mesura, au moyen d'une suite de triangles contigus, les arcs terrestres compris entre les villes d'Alkmaer, Leyde et Berg-op-Zoom, et il compara leur longueur avec le nombre de degrés qu'ils contenaient.

Mais nous sommes obligé, pour l'intelligence de ce qui va suivre, de nous arrêter un moment, pour entrer dans quelques détails sur les longitudes et les latitudes, c'est-à-dire sur ce qu'on appelle les *coordonnées géographiques* d'un lieu.

Que faut-il entendre par la longitude d'un lieu? Supposons qu'il s'agisse d'indiquer avec précision la position d'un point de la terre situé sur l'équateur même. Il suffira, pour cela, de faire connaître sa distance par rapport à un certain point fixe de l'équateur, adopté une fois pour toutes comme point de départ ou repère, en spécifiant si la distance est comptée dans le sens de l'ouest à l'est ou de l'est à l'ouest. Le *cercle équatorial* se divise, comme tout cercle, en 360 degrés, les degrés en 60 minutes, les minutes en 60 secondes (en attendant qu'on revienne à la division décimale et centésimale du quart de cercle). On dira donc : tel lieu est distant du point d'origine de tant de degrés, minutes et secondes, comptés vers l'est ou comptés vers l'ouest. Cette distance s'appelle *longitude* (orientale ou occidentale) de l'endroit que l'on veut désigner.

Faisons passer maintenant une série de cercles par les deux

pôles et par les divisions de l'équateur; nous appellerons ces cercles *méridiens terrestres* (fig. 16). L'un de ces méridiens sera pris pour le premier, et le point où il rencontre l'équateur sera l'origine des longitudes. Tous les points terrestres situés sur le premier méridien ont la longitude de zéro; tous les points situés sous un autre méridien ont la longitude du point où leur méridien rencontre l'équateur.

En France et dans quelques autres pays, on prend pour le premier méridien celui qui passe par l'Observatoire de Paris. La ville d'Alger a sensiblement la même longitude que Paris. Le point où le méridien de Paris coupe l'équateur est situé dans l'Atlantique à peu de distance de la côte de Guinée. A partir du méridien de Paris les longitudes se comptent vers

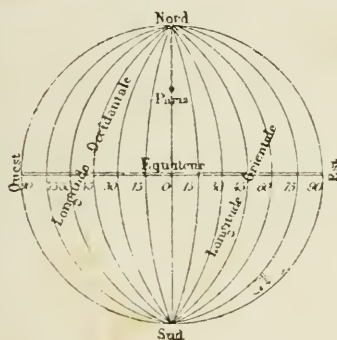


Fig. 16. Longitudes du globe.

l'est et vers l'ouest jusqu'à 180 degrés. Il est évident que la longitude de 180 degrés, située à la limite, est à la fois occidentale et orientale.

D'autres nations prennent pour leur premier méridien celui qui passe par un autre grand observatoire, par exemple celui de Greenwich. Les Hollandais avaient adopté autrefois le méridien du pic de Ténériffe. La plupart des anciens géographes avaient choisi pour origine des longitudes le méridien de l'île de Fer, située à 20 degrés à l'ouest de Paris; mais cet usage, qui n'avait pas de raison d'être, est tombé en désuétude.

Il serait à désirer que toutes les nations s'accordassent pour l'adoption d'un premier méridien universel; mais la routine et la jalousie nationale s'opposent longtemps encore à cette simplification.

Passons à ce que l'on entend par le mot *latitude*. Ce mot exprime la distance de l'équateur évaluée en degrés du cercle. La latitude est *septentrionale* si elle se rapporte à un lieu situé au nord de l'équateur, et *méridionale* dans le cas contraire. Tous les lieux ayant la même latitude sont situés sur un cercle parallèle à l'équateur. Le nombre de degrés du cercle indique la distance de l'équateur en latitude septentrionale ou méridionale (fig. 17).

Il est évident que la réunion des deux indications de la longitude et de la latitude indique avec précision un lieu quelconque du globe. On nomme *coordonnées géographiques* la longitude et la latitude d'un lieu.

Les latitudes sont souvent considérées à un point de vue as-

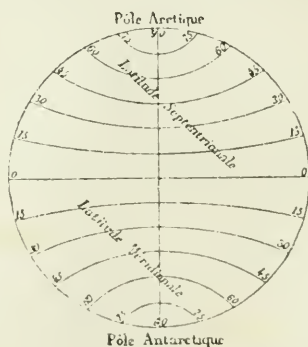


Fig. 17. Latitudes du globe.

tronomique, sur lequel nous devons donner quelques renseignements, parce qu'il se rattache à la détermination de la figure de la terre, objet spécial de ce chapitre.

La latitude d'un lieu terrestre est égale à la hauteur du pôle céleste au-dessus de l'horizon de ce lieu, ou bien à la distance zénithale de l'équateur céleste. C'est ce que montre la figure 18, dans laquelle on voit le rapport de l'équateur et des pôles terrestres avec l'équateur et les pôles célestes.

Aussi les astronomes déterminent-ils la latitude d'un lieu en mesurant la hauteur de l'étoile polaire au-dessus de l'horizon; ou bien ils la calculent par les hauteurs des autres étoiles et du soleil au moment où ces astres passent au méridien. Connaissant la hauteur méridienne du soleil par l'observation, et sa distance de l'équateur céleste par les tables astronomiques,

on en déduit la hauteur de l'équateur, et en la retranchant de 90 degrés, la distance de l'équateur au zénith, c'est-à-dire la latitude géographique.

Ce dernier procédé avait fourni à Snellius les latitudes des trois villes hollandaises dont nous avons parlé, et qui sont à peu près sous le même méridien (2 degrés à l'est de Paris). La différence de leurs latitudes aurait été leur distance mesurée sur la voûte céleste, si toutes trois avaient eu la même longitude; mais comme cette condition n'était pas remplie, il fallait encore trouver, par un procédé d'arpentage, la distance ab-

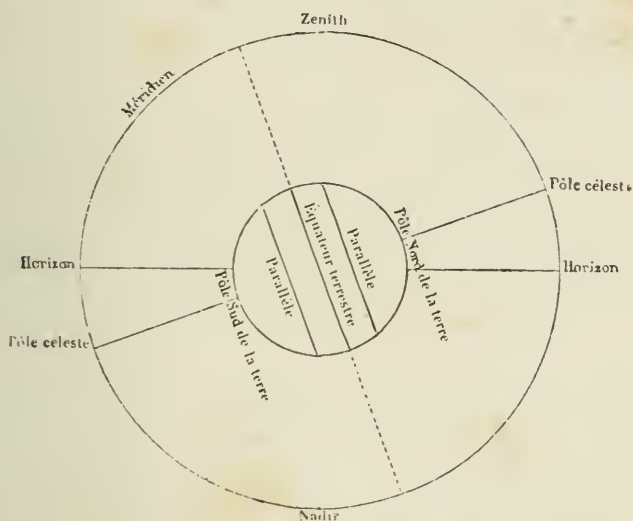


Fig. 18. Équateur, zénith et pôles célestes.

solue qui correspondait à la différence des latitudes de ces trois villes.

Ce procédé s'appelle *triangulation*. Entrons dans quelques détails sur sa mise en pratique.

Pour exécuter la méthode de *triangulation*, on se procure une première *base*, en mesurant, aussi exactement que possible, la longueur d'une ligne tracée sur le terrain; puis on observe les angles que la base fait, à ses deux extrémités, avec deux rayons visuels qui aboutissent à un même point éloigné. On connaît alors la figure du triangle ayant pour côtés la base et les deux rayons visuels; on peut le tracer sur le papier, et



y lire, par une simple proportion, la distance du point de mire aux deux extrémités de la base (fig. 19). Supposons, par exemple, que la base soit de 1 kilomètre; si, dans le tracé du triangle, l'un des côtés se trouve égal au double de la base, nous en concluons que la distance vraie du sommet à l'un des bouts de la base est de 2 kilomètres. Sur l'un des deux côtés on construit ensuite un second triangle ayant pour sommet un autre point de mire éloigné, par exemple un clocher ou une pyramide bâtie dans ce but; en continuant de la sorte, on arrive à former un canevas ou une chaîne non interrompue de triangles qui s'étend dans la direction du méridien. On n'a plus ensuite qu'à chercher les points où la méridienne rencontre les côtés de ces triangles, dont la longueur a été cal-

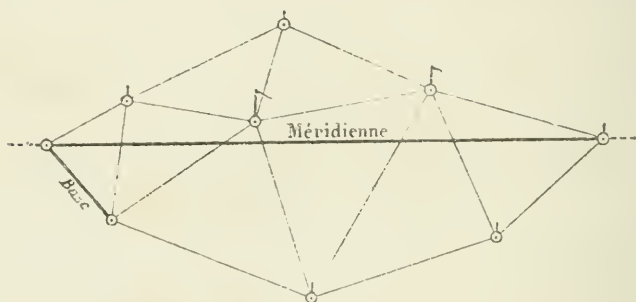


Fig. 19. Triangulation.

culée, et l'on obtient par un procédé très-simple la longueur d'une portion de cette méridienne elle-même. Ayant, en même temps, déterminé astronomiquement les latitudes de quelques-uns des points de mire qui forment les sommets des triangles, on en déduit la distance en latitude des deux extrémités de la méridienne mesurée sur le terrain, et cette distance, évaluée en degrés, et comparée avec le nombre de kilomètres qui lui correspond, fait connaître la valeur d'un degré du méridien. Supposons, par exemple, que les latitudes extrêmes de la méridienne soient  $48^{\circ} 10'$  et  $51^{\circ} 25'$ , et que la distance mesurée entre ces points éloignés de  $3$  degrés  $\frac{1}{4}$  soit de  $360$  kilomètres, on en conclura que le degré vaut environ  $111$  kilomètres.

C'est par l'emploi de la méthode des triangulations que Snel-

lius, pour en revenir à cet observateur, trouva, pour la valeur du degré, 55 020 toises. Peu après, l'Anglais Richard Norwood obtint, par la mesure du méridien entre Londres et York, 57 300 toises, nombre beaucoup plus rapproché de la vérité.

Mais l'Académie des sciences est créée en 1665, et son installation correspond à un grand mouvement scientifique, en même temps qu'à l'époque de la renaissance des lettres françaises. De toutes les questions qui agitaient alors les esprits, aucune n'était plus digne d'occuper la jeune compagnie savante que celle de la figure de la terre. Les membres de la nouvelle Académie crurent, pour ainsi dire, leur honneur engagé à lever toute incertitude sur les dimensions de notre globe. L'un d'entre eux, Picard, fut chargé de mesurer en France un arc du méridien. Il conduisit un réseau de triangles de Malvoisine à Amiens, et il trouva, comme résultat final de ses opérations, 57 060 toises pour la valeur d'un degré du méridien, c'est-à-dire un chiffre peu éloigné de celui qu'avait trouvé le médecin Fernel, un siècle auparavant, par sa bizarre méthode. La base employée par Picard avait une longueur de 5663 toises (11 kilomètres); elle avait été mesurée sur le chemin de Villejuif à Juvisy.

Cette détermination nouvelle de la longueur du méridien terrestre, qui inspira beaucoup de confiance, eut un résultat qui mérite d'être rapporté, car le fait est peu connu. Elle sauva, pour ainsi dire, du néant le principe de la gravitation universelle. Pour vérifier, par des mesures directes, la loi de l'attraction que la terre exerce sur la lune, Newton s'était servi d'une très-fausse mesure du degré terrestre (49 540 toises), et comme ce nombre conduisait à un résultat incompatible avec la loi de la gravitation (la loi du carré inverse des distances), Newton avait déjà renoncé à cette loi. Quand Picard eut publié ses nouvelles mesures, l'illustre géomètre anglais reprit ses calculs avec cet étalon rectifié. Cette fois ils se trouvèrent justes, et la loi de l'attraction universelle, un moment perdue pour la science, lui fut ainsi et pour jamais rendue.

Cependant l'Académie des sciences de Paris n'était encore qu'au début de sa tâche et, on peut le dire, de ses triomphes. Elle avait envoyé, en 1672, l'astronome Richer à Cayenne, pour y faire différentes observations de physique. Or, cet astronome

reconnut avec une grande surprise qu'un pendule réglé à Paris retardait à Cayenne de 2 minutes et demie par jour. Ce fait causa un étonnement universel.

C'est à Newton qu'était réservée la gloire de trouver la cause de cette anomalie imprévue et d'en déduire une magnifique conséquence. Dans son livre des *Principes*, publié en 1687, on trouve la célèbre explication donnée par le géomètre anglais, du retard et de l'accélération du mouvement du pendule selon les différents points du globe. Le pendule ralentit ses mouvements lorsqu'on approche de l'équateur, parce que la pesanteur est moindre à l'équateur qu'aux pôles, et cela pour deux raisons : d'abord, à cause de la force centrifuge qui croît en allant vers l'équateur ; ensuite, parce que la surface terrestre y est plus éloignée du centre du globe qu'elle ne l'est aux pôles. La force centrifuge agit en sens contraire de la pesanteur ; due à la rotation du globe, elle est plus petite sur un parallèle que sur l'équateur, parce que la vitesse du déplacement des points d'un parallèle quelconque est moindre que la vitesse des points équatoriaux. La deuxième raison du retard d'un pendule transporté à l'équateur, à savoir l'accroissement de la distance au centre de la terre, fut déduite par Newton de sa théorie, suivant laquelle la terre a été fluide à l'origine, et par l'effet de sa rotation s'est aplatie aux pôles en se solidifiant, ainsi que cela s'observe sur des masses globulaires pâteuses que l'on fait tourner rapidement.

C'est ainsi que Newton arriva à soutenir que la terre est un sphéroïde légèrement aplati aux pôles et renflé à l'équateur.

Cette belle déduction mathématique ne fut pas acceptée d'emblée. Elle trouva, au contraire, de violents contradicteurs. Les mesures de Cassini, qui en 1683 avait étendu ses triangulations de Paris jusqu'aux Pyrénées, avaient fait supposer qu'un degré était plus petit dans le nord que dans le midi de la France, et l'on en concluait naturellement que la terre est renflée aux pôles et aplatie à l'équateur, c'est-à-dire précisément l'inverse de l'hypothèse de Newton. Le P. Riccioli en Italie, en France les trois Cassini, Fontenelle et son école, se distinguèrent parmi les adversaires de Newton et de sa théorie de l'aplatissement polaire. La difficulté demeura longtemps pendante ; les Anglais tenaient pour l'aplatissement, les Fran-

çais pour l'allongement du sphéroïde terrestre; les uns lui attribuaient la forme d'une orange, les autres celle d'un œuf. Il fallait pourtant vider cette question, qui avait dégénéré en une véritable querelle nationale.

En 1736, le gouvernement envoya une expédition scientifique au Pérou et une autre en Laponie, avec mission d'y mesurer un arc du méridien. La Condamine et Bouguer dirigeaient le groupe de géomètres qui se rendit à l'équateur. Le physicien Maupertuis, qui avait embrassé avec chaleur le système de Newton, et qui même souffrait volontiers qu'on lui en attribuât la découverte, fut le chef de la commission envoyée au pôle nord. Voltaire célébra, dans une épître adressée au comte Algarotti, cette belle expédition scientifique :

Lorsque ce grand courrier de la philosophie,  
 Condamine l'observateur.  
 De l'Afrique au Pérou, conduit par Uranie,  
 Par la gloire et par la manie,  
 S'en va griller sous l'équateur,  
 Maupertuis et Clairaut vont au pôle du monde.  
 Je les vois d'un degré mesurer la longueur,  
 Pour ôter au peuple rimeur  
 Ce beau nom de machine ronde  
 Que nos flasques auteurs, en chevallant leurs vers,  
 Donnaient à l'aventure à ce plat univers <sup>1</sup>.

La commission envoyée au cercle polaire, sous les ordres de Maupertuis, et qui se composait de Clairaut, Camus et Lemonnier, auxquels on adjoignit l'abbé Outhier, qui travaillait depuis longtemps à l'Observatoire de Paris, souffrit beaucoup du froid; mais elle était dédommée par les belles aurores, dont les feux de mille couleurs éclairent les longues nuits de ces sombres climats. On attendait impatiemment leur retour, et Voltaire écrivait :

Revole, Maupertuis, de ces déserts glacés  
 Où les rayons du jour sont six mois éclipsés;  
 Apôtre de Newton, digne appui d'un tel maître,  
 Né pour la vérité, viens la faire connaître!  
 Héros de la physique, Argonautes nouveaux,  
 Qui franchissez les monts, qui traversez les eaux,  
 Dont le travail immense et l'exacte mesure  
 De la terre étonnée ont fixé la figure....

1. Épître XXXIX.



Il est vrai que le même Voltaire, impatient peut-être de toute espèce de bruit qui ne se faisait pas pour lui-même, se ravisa plus tard, et, après le succès des Argonautes de l'Académie, chanta cette palinodie :

Vous avez confirmé, dans des lieux pleins d'ennui,  
Ce que Newton connut sans sortir de chez lui;  
Vous avez arpenté quelque faible partie  
Des flancs, toujours glacés, de la terre aplatie...

Ici Voltaire était injuste. Non-seulement les nouvelles mesures, quoique entachées de quelques erreurs, avaient confirmé les calculs de Newton, ce qui était déjà bien quelque chose; mais elles avaient fourni les moyens de les rectifier. Il résulta, en effet, des opérations géodésiques de la Condamine, Bouguer et Maupertuis, que la terre est encore plus aplatie vers les pôles que le philosophe anglais ne l'avait estimé par ses calculs.

Cassini s'était distingué, avons-nous dit, parmi les plus violents opposants au système de Newton. On eut quelque peine en France à prendre son parti de la défaite de cet homme illustre, qui tenait le sceptre de l'astronomie, et la gaieté parisienne trouva quelque consolation à humilier son heureux rival, Maupertuis, en lui donnant le sobriquet de *grand aplatisseur*.

On a, depuis cette époque, singulièrement multiplié les triangulations et les mesures des arcs de méridiens. Lacaille en a fait au cap de Bonne-Espérance, le P. Boscovich entre Rome et Rimini. Mason et Dixon ont mesuré des degrés en Pensylvanie; Roy et Eudge en Angleterre; Hamilton et Everest aux Indes; Gauss en Hanovre; Bessel en Prusse; Struve en Russie, etc.

Ce magnifique ensemble de travaux entrepris pendant les dix-huitième et dix-neuvième siècles a fixé avec précision les dimensions de la terre et sa véritable figure générale. Il en résulte que l'aplatissement polaire est de  $\frac{1}{300}$ , ou que le diamètre qui joint les pôles de la terre est au diamètre de l'équateur comme 299 est à 300. Sur un globe de 1 mètre de diamètre, cette différence correspondrait à un peu plus de 3 millimètres.

Parmi les grands travaux de triangulation, le plus célèbre



est celui qui fut exécuté en France à la fin du siècle dernier, par le *Bureau des longitudes*, pour fixer la base du système métrique actuel. Dans le système nouveau destiné à remplacer toutes les anciennes mesures, on voulait prendre pour unité une fraction exacte de la longueur du méridien. Il fallait donc déterminer avec le plus de précision possible cette circonférence, et par conséquent mesurer pour la troisième fois une portion du méridien de Paris. Delambre et Méchain furent chargés de ce travail.

Ce n'était pas une tâche facile ni sans dangers que l'on confiait à ces deux géomètres au moment où la Révolution française, jetant les esprits dans une fiévreuse effervescence, rendait suspects tout mouvement, toute opération faite en dehors des habitudes de la vie commune. Delambre et Méchain, en menant leurs chaînes sur le terrain, furent souvent appréhendés au corps et incarcérés, comme suspects, dans les prisons municipales, victimes involontaires de la défiance de populations peu instruites dans l'art de l'ingénieur. Tout entier à leurs travaux, nos deux géomètres restaient étrangers à l'agitation qui régnait autour d'eux, et qui plusieurs fois mit leurs jours en péril.

Delambre n'avait pas encore terminé la triangulation de Dunkerque à Rodez, qu'il fut exclu de la *commission du mètre*, et n'obtint qu'à titre de faveur de terminer lui-même la portion de travail qu'il avait entreprise. Pendant ce temps, Méchain, renfermé dans Barcelone par suite de la guerre qui venait d'éclater entre la France et l'Espagne, déterminait la latitude de cette ville, et il en concluait pour le mont Jouy une latitude de trois secondes et un quart plus grande que celle qu'il avait fait connaître à l'Académie. Erreur funeste, qu'il n'osa divulguer, craignant de jeter la défaveur sur tout son travail. Méchain garda par devers lui ce pénible secret, dont l'amertume devait abrégé sa vie. Mais quand on réfléchit aux conditions difficiles au milieu desquelles Delambre et Méchain avaient dû poursuivre leurs opérations trigonométriques, quand on considère qu'ils devaient mettre autant de soin à défendre leur vie et leur liberté qu'à conduire leur arpentage et leurs visées angulaires, on excuse sans peine l'erreur qui fit le tourment des derniers jours du géomètre français.

Biot et Arago furent chargés de terminer le travail de Méchain. C'est ce qu'ils firent de 1806 à 1808. On connaît toutes les vicissitudes par lesquelles eut à passer Arago, considéré comme espion dans les îles Baléares, fait prisonnier par les Espagnols, puis emmené comme esclave sur les côtes des États barbaresques, rendu à la liberté par l'intervention diplomatique, et rentré enfin, après tant de péripéties, en possession de ses instruments et de ses papiers.

La nouvelle mesure de l'arc du méridien qui traverse la France avait donné pour la longueur du quart du méridien 5 130 740 toises<sup>1</sup>. Ce nombre a servi de base au système métrique, constitué légalement en 1799.

Le mètre, unité fondamentale du système actuel des poids et mesures, est la *dix-millionième partie du quart du méridien*; sa longueur a été fixée à 0,513 074 toise, ou 3 pieds 11 lignes. Nous sommes forcé d'ajouter que le nombre obtenu pour la longueur du méridien a dû être légèrement modifié depuis. Si le mètre n'est plus dès lors, à la rigueur, une unité naturelle, il n'en reste pas moins une mesure parfaitement définie par l'étalon fondamental, et le système dont il est la base sera toujours considéré comme une des plus belles conceptions de l'esprit humain.

Le système métrique règne aujourd'hui en France, dans les Pays-Bas, en Italie, en Suisse, en Espagne et en Portugal, et son introduction en Angleterre et en Amérique se prépare en ce moment.

Cassini de Thury, troisième du nom, le même à qui nous devons la grande carte de France, avait conçu le projet de mesurer le parallèle qui s'étend de Strasbourg à Vienne, au moyen de trente-huit signaux à poudre, dont l'emplacement était déterminé; mais cette grande opération n'a été exécutée que de nos jours.

En 1804, le gouvernement français chargea de ce travail le colonel Henry, qui venait d'exécuter la triangulation de la Suisse. M. Henry mesura, comme point de départ de ses opérations, une base remarquable par sa longueur. Il mena en-

1. La toise est ici la longueur de l'étalon de fer qui avait servi à la Condamine et Bouguer pour la mesure du méridien au Pérou : on l'appelle *toise du Pérou*.

suite une chaîne de triangles dans la direction du méridien, par Genève et les Alpes ; ce fut là le commencement des grands travaux sur la triangulation de la France que l'on termine en ce moment.

On voit, par cet exposé rapide, que, depuis Newton, les savants ont fait de constants efforts pour arriver à se rendre un compte exact de la forme de la terre. Toutes les ressources de la géométrie et de l'astronomie ont été mises à contribution ; partout on a poussé la précision des mesures à un degré extraordinaire. Les travaux de tous ces hommes, entièrement dévoués à la science, et qui ont consacré une partie de leur carrière à ces arides recherches, sont inconnus du public ; une courte mention de leurs travaux est-elle une compensation suffisante pour une vie de dévouement et de sacrifices ?

Le résultat de tant de mesures géodésiques et astronomiques faites en différents points du globe, l'ensemble des grandes opérations que nous venons de raconter, a conduit à une évaluation très-rigoureuse des dimensions du globe terrestre. Sans nous attacher ici à donner des nombres très-précis, nous nous bornerons à dire que la circonférence du méridien est, en nombres ronds, de 40 millions de mètres (4000 myriamètres), — que le diamètre moyen de la terre est de 1273 myriamètres, — son rayon de 636 myriamètres, — enfin que la surface terrestre a 5 millions de myriamètres carrés.

Les grandes triangulations n'ont pas seulement servi à déterminer les éléments du *sphéroïde terrestre*, c'est-à-dire à fixer la valeur de l'aplatissement et les véritables dimensions du globe ; elles ont encore été d'une immense utilité pour les progrès de la géographie de précision, c'est-à-dire de la topographie. La géodésie a fourni les positions absolues et relatives d'un très-grand nombre de points importants du globe, avec une précision jusque-là inconnue. C'est de cette manière qu'ont été obtenues la plupart des données géographiques qui sont insérées tous les ans dans le recueil, à l'usage des navigateurs et des astronomes, qui a pour titre : *Connaissance des temps*.

Les longitudes sont quelquefois exprimées *en temps*. Expliquons cette dernière particularité.

La terre tournant autour de son axe en vingt-quatre heures, dans cet intervalle tous ses méridiens défilent successivement

devant le soleil ; leurs différences peuvent donc s'évaluer par le temps qui s'écoule entre le passage de deux méridiens devant le soleil (ou entre les passages du soleil aux deux méridiens, pour parler le langage des astronomes). En conséquence, l'on dit indifféremment : deux méridiens diffèrent de 1 heure, ou bien : ils sont éloignés de 15 degrés (la vingt-quatrième partie de la circonférence). Une heure de longitude équivaut à 15 degrés, 1 minute de temps à 15 minutes d'arc, 1 degré à 4 minutes de temps, etc.

La différence des méridiens ou des longitudes peut se déterminer astronomiquement par l'observation de phénomènes instantanés que l'on rapporte à l'heure solaire. Les signaux que l'on détermine par l'inflammation de la poudre, ou par le télégraphe électrique, sont des moyens d'observation instantanés, car la vitesse de la lumière et celle de l'électricité peuvent être considérées comme infinies. Un signal donné à Greenwich, en Angleterre, par le télégraphe électrique, s'observe à Paris, malgré la distance, au moment même de son départ. Dès lors, si l'on note l'heure de l'arrivée à Paris du signal télégraphique parti de Greenwich, on a par cela même la longitude cherchée. Si, par exemple, le signal parti à midi de Greenwich a été observé à midi 9 minutes 21 secondes à Paris, il s'ensuit que le soleil avait déjà, à Paris, quitté le méridien depuis 9 minutes 21 secondes, lorsqu'il était encore au méridien de Greenwich (puisque l'on y comptait midi) ; Greenwich est donc à 9 minutes 21 secondes ouest de Paris.

C'est par cette méthode que M. Airy, directeur de l'observatoire royal d'Angleterre, et M. Le Verrier, directeur de l'observatoire de Paris, ont déterminé, en 1858, la différence des longitudes de Paris et de Greenwich.

On appelle *antipodes* les lieux placés aux extrémités d'un même diamètre du globe. Les longitudes des antipodes diffèrent de 180 degrés (12 heures) ; leurs latitudes sont les mêmes, mais de dénominations opposées. L'antipode de Paris est situé à environ 49 degrés de latitude sud et à une longitude de 180 degrés à l'est et à l'ouest.

Terminons ce chapitre par un mot sur les globes et cartes géographiques.



La manière la plus naturelle de représenter la surface de la terre, c'est de construire un globe artificiel sur lequel on rapporte les divers points de la terre au moyen de leurs longitudes et latitudes. On fabrique ces globes en couvrant une boule en carton de fuseaux imprimés, que l'on colle les uns à côté des autres, et que l'on étire un peu, afin de raccorder parfaitement leurs contours. M. Silbermann les imprime même tout d'une pièce.

Les globes artificiels sont un auxiliaire indispensable pour l'étude de la géographie physique, mais ils sont difficiles à déplacer, et les dimensions que l'on ne peut dépasser pour les construire ne permettent pas de donner aux différentes parties de la terre un développement suffisant. On a donc cherché des méthodes pour représenter sur une feuille de papier plane la surface sphérique de la terre, sans trop la déformer et avec le plus de fidélité possible. C'est ainsi qu'on a construit une multitude de cartes géographiques plus ou moins exactes.



## II

Distribution des terres à la surface du globe. — Position et contour des continents. — Mappemonde. — Océan et ses divisions.

Trois formes de la matière se partagent la surface de notre planète. La *forme gazeuse*, représentée par l'air et les nuages, enveloppe sa masse; la *forme liquide*, c'est-à-dire l'eau, en couvre à peu près les trois quarts; enfin la *forme solide*, ou la terre ferme, se montre à découvert sur un quart environ de sa superficie.

Il est digne de remarque que la matière se condense à mesure qu'elle se rapproche du centre de la terre. A l'extérieur, l'océan aérien entoure notre globe d'un manteau transparent et léger; viennent ensuite les eaux, déjà plus pesantes que l'air; enfin les roches; et, fait bien remarquable, la densité des roches qui occupent l'intérieur de la terre augmente à mesure qu'elles s'approchent du centre. On a constaté que les matières des éruptions les plus anciennes, telles que le granit, sont moins denses que les roches éruptives plus récentes, comme les trachytes et les basaltes. On a reconnu enfin que les métaux très-lourds dominent dans les produits des éruptions se rapprochant de notre époque. Ainsi les matériaux qui occupent l'intérieur du globe, augmentent de pesanteur à mesure qu'ils se rapprochent du centre, et le temps réserve peut-être à la terre des éruptions de matières plus lourdes encore que celles que nous considérons aujourd'hui comme les plus denses, telles que l'or et le platine.

La *météorologie* étudie les phénomènes si complexes de l'atmosphère; elle interprète pour nous le langage de l'air, qui parle à nos yeux au moyen de la colonne barométrique. La *géologie* nous renseigne sur la nature des couches qui composent l'écorce terrestre: elle descend dans les profondeurs du globe, pour nous éclairer sur la formation progressive et les

modifications diverses de notre planète. La *géographie physique* a pour objet spécial la connaissance des continents et des eaux qui couvrent la surface de la terre. Les formes superficielles du globe, telle est donc l'étude qui doit nous occuper dans cet ouvrage. Nous commencerons par considérer la distribution relative des continents et des eaux.

Comme nous l'avons exposé dans *la Terre avant le déluge*, aux premiers temps et pour ainsi dire dans l'enfance de notre planète, l'eau a couvert entièrement sa surface. La formation des continents par les sédiments marins ou les éruptions venues de l'intérieur du globe a plus tard resserré les eaux dans les grandes dépressions de son écorce solide, c'est-à-dire dans les principaux *bassins*.

Il n'existe, à proprement parler, qu'une seule mer, une seule masse liquide continue, répandue tout autour de la terre, et qui baigne sans interruption les glaces des deux pôles opposés. Toutes les méditerranées, les golfes, les baies, ne sont que des parties détachées, mais non isolées, de cet universel Océan. Ce n'est donc que pour faciliter les usages journaliers que les géographes distinguent une foule de mers particulières, avec leurs innombrables rameaux et ramuscules : les *baies*, les *détroits*, les *fleuves* et les *rivières*.

L'eau forme une sorte de liaison entre l'atmosphère et la terre ferme. En effet, elle change souvent d'état physique et se rapproche de l'une ou de l'autre des deux formes extrêmes : elle se réduit en vapeurs et s'élève vers le ciel, pour y former les nuages, ou bien elle se solidifie, devient glace, et sous cet état vient s'ajouter aux continents, dont elle accroît l'étendue.

La quantité d'eau qui existe sur la terre ne nous est connue qu'avec beaucoup d'incertitude. On ignore encore quelle est la plus grande profondeur de la mer, car il est des points, tels que l'océan Austral, dans lesquels il a été impossible d'atteindre le fond, bien que dans ces parages on ait fait descendre la sonde jusqu'à 15 kilomètres. Nous parlerons avec détails, dans un autre chapitre, de la question de la profondeur des mers.

On admet, en général, que la hauteur verticale de la couche d'air qui enveloppe la terre, et qui la suit dans tous ses mouvements à travers l'espace, est d'environ 25 lieues, ou 100 ki-

lomètres. Mais cette évaluation n'a rien de précis. Tout ce que l'on peut affirmer, c'est qu'il est impossible de s'élever dans un aérostat au-dessus de 10 kilomètres de hauteur.

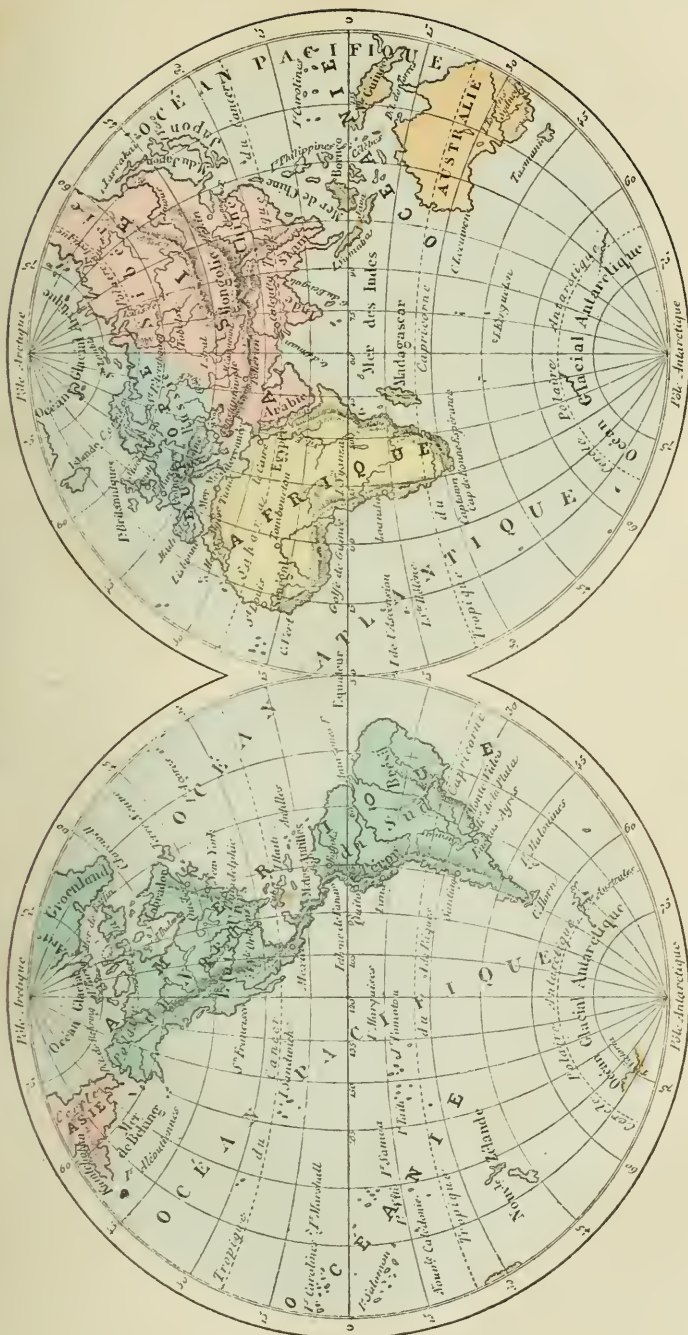
L'épaisseur de l'écorce solide du globe est, comme nous l'avons dit dans *la Terre avant le déluge*, d'environ 12 lieues (45 kilomètres). Le rapport de cette épaisseur au diamètre entier de la terre est celui de la coque d'un œuf à son diamètre moyen. La plus grande profondeur à laquelle l'homme ait pu descendre ne dépasse pas 900 mètres, c'est-à-dire un cent-millième du rayon terrestre. Ce que l'on connaît de notre planète n'équivaudrait, sur un globe de 1 mètre et demi de diamètre, qu'à un dixième de millimètre, c'est-à-dire à l'épaisseur d'une feuille de papier. La terre ne nous est donc que bien imparfaitement connue. Ajoutons néanmoins que les roches vomies par les volcans proviennent de profondeurs très-considérables, et que ces produits d'éruption sont pour nous de véritables échantillons des couches du globe peu distantes du noyau central.

La surface totale de la terre est d'environ 5 millions de myriamètres (500 millions de kilomètres carrés), ou de 41 000 degrés carrés, dont l'eau occupe 30 000 et la terre ferme 11 000, c'est-à-dire un peu plus d'un quart. D'après M. Balachoff, la superficie de l'île de Chypre serait à peu près égale à un degré carré. Ces nombres sont faciles à retenir.

En général, il règne encore beaucoup d'incertitude sur la véritable étendue territoriale des continents; les travaux des géomètres modernes introduisent tous les jours des changements importants dans les évaluations qui courent les traités de géographie. C'est ainsi, par exemple, qu'au commencement de notre siècle, la carte de l'empire ottoman fut tellement modifiée par les astronomes Beauchamp et de Zach, que l'empire du sultan y gagna 50 000 kilomètres carrés de terrain. Nous ignorons si le Grand Turc sut témoigner sa reconnaissance aux deux géomètres qui lui faisaient un si beau cadeau, et qui lui gagnaient ainsi des territoires sans coup férir.

Lorsqu'on regarde avec attention une mappemonde du système homalographique de Mollweide, vulgarisé par M. Babinet, qui a l'avantage de conserver exactement les vrais rapports de superficie, tels qu'ils existent à la surface du globe, on recon-

MAPPEMONDE







naît que l'Asie est environ cinq fois plus grande que l'Europe, l'Afrique trois fois, et l'Amérique quatre fois. L'étendue de l'Europe diffère peu de celle de l'Australie; elle n'est qu'un tiers de celle de l'Afrique, un quart de l'Amérique et un cinquième de l'Asie, enfin un treizième de l'étendue totale des autres parties du monde.

La distribution de ces grands continents à la surface du globe est très-inégale. Mais un fait bien curieux, c'est qu'une moitié de la terre est presque entièrement couverte d'eau, tandis que l'autre moitié contient plus de terre que d'eau, de sorte qu'il est permis de parler d'un *hémisphère aqueux*, en opposition avec un *hémisphère terrestre*. En jetant un coup d'œil sur un planisphère qui aurait Paris à son centre, on sera frappé de voir que notre capitale est située au cœur même de l'agglomération des continents, tandis que l'espace circonscrit par l'horizon de nos antipodes ne présente çà et là que quelques îles et quelques lisières de côtes au milieu d'une mer immense. C'est ce que représente la carte placée en regard de cette page<sup>1</sup>.

Dans l'*hémisphère aqueux* représenté sur cette carte, les terres sont comme des îles éparées à la surface de l'eau; dans l'*hémisphère terrestre*, les mers semblent des enclos environnés de terres, comme notre Méditerranée et l'océan glacial du pôle nord. Les géographes du dix-huitième siècle, pour expliquer cette frappante inégalité, supposaient l'existence de quelque grand continent austral, qui devrait contre-balancer la masse des terres boréales. Mais le voyage du capitaine Cook mit fin à ces spéculations. Ce navigateur prouva que ce que l'on avait pris, au pôle sud, pour les promontoires d'un continent, n'étaient que de petites îles ou des glaces.

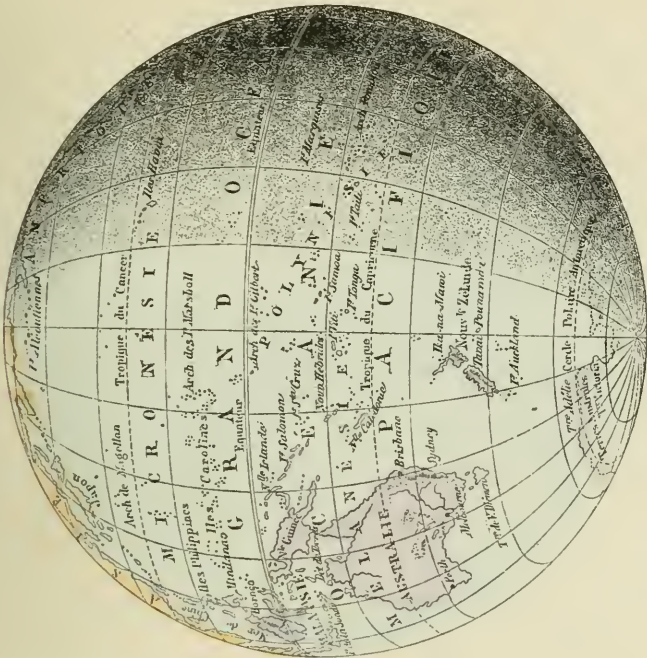
Le contour de l'*hémisphère terrestre* n'est interrompu que deux fois par la mer, dans le voisinage du pôle sud et du pôle nord. Ce contour forme, pour ainsi dire, une vaste ceinture de rivages autour du globe, une zone amphibie, participant à la fois aux conditions climatériques des continents et des mers. En partant du cap de Bonne-Espérance, cette ceinture va croiser

1. Cette carte a été dressée d'après deux autres qui font partie du bel *Atlas sphéroïdal* de M. Garnier, publié à la librairie Renouard, et sur lequel la forme sphérique des continents est reproduite avec les plus remarquables effets d'exactitude et d'élégance.

l'équateur, elle frise les bords sud et est de l'Asie, contourne le pôle nord, et descend le long de la côte occidentale de l'Amérique, jusqu'au cap Horn. Elle forme sur la terre un grand cercle incliné sur l'équateur, comme l'écliptique sur l'équateur céleste. Son rôle est, en quelque sorte, analogue à celui des zones tempérées, qui représentent le passage du climat torride au climat glacial; la zone riveraine est la réunion des climats continentaux et des climats maritimes des îles. Cette situation intermédiaire fait naître une vie organique plus riche et plus variée que dans les autres points du globe.

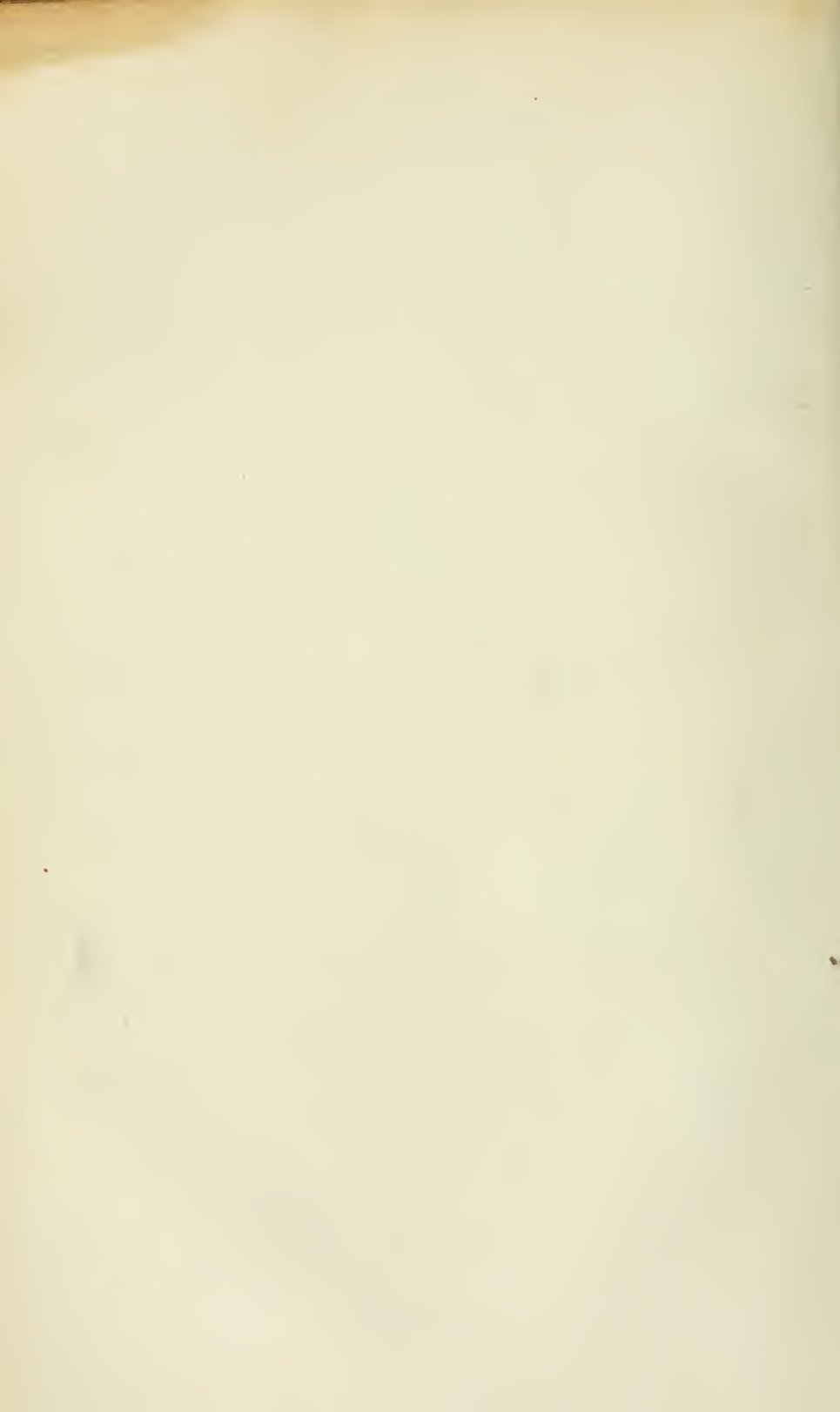
Un autre fait très-digne d'être remarqué, c'est la structure des grands continents en quelque sorte radiée vers le sud : « la forme pyramidale de leurs extrémités, » comme le dit Alexandre de Humboldt. Vers le nord, les grandes masses de terres se concentrent, s'entassent; au contraire, dans la direction du sud, elles s'ouvrent, divergent en éventail et se terminent en pointes ou en péninsules coniques. Le midi de l'Europe offre une disposition analogue : il est déchiqueté en lambeaux effilés dans le sens du sud. On a émis beaucoup d'hypothèses pour expliquer cette configuration singulière de la grande agglomération de continents groupés autour du pôle nord; mais il est sage d'avouer que la cause de cette disposition est inconnue.

La direction générale des terres diffère toutefois dans le nouveau et dans l'ancien continent. L'Amérique s'étend d'un pôle à l'autre, tandis que l'ancien monde est plutôt parallèle à l'équateur. La plus longue ligne droite qu'on puisse tracer sur l'ancien continent, en restant, autant que possible, sur des terres, commence, selon Bergmann, sous le 64° degré de latitude boréale, près de l'embouchure de la rivière de Ponaschka, dans le golfe d'Anady, traverse le lac Aral et la partie méridionale de la mer Caspienne, passe près du golfe Persique et au nord du détroit de Bab-el-Mandeb, parcourt l'Afrique, en suivant les monts Lupata, qu'on appelait autrefois l'*Épine du monde*, et se termine au cap de Bonne-Espérance. Elle est longue de 148 degrés ou 1640 myriamètres, et coupe la ligne équinoxiale sous un angle de 65 degrés, en partageant l'ancien continent en deux moitiés presque égales. Sur le nouveau continent, il est plus difficile de tirer une ligne analogue : elle aurait une longueur de 1275 myriamètres; en suivant une ligne brisée, on



N° 7.

HEMISPHERES AQUEUX ET TERRESTRE  
 D'APRES L'ATLAS SPHEROÏDAL DE M. GARNIER (PARIS — LIBRAIRIE RENOUARD).



aurait un parcours de 1660 myriamètres depuis le nord jusqu'au sud de l'Amérique.

On est peu d'accord sur la division géographique des mers. Voici la classification la plus simple.

*L'océan Glacial arctique* s'étend du pôle nord jusqu'au cercle polaire. Situé entre l'Asie, l'Europe et l'Amérique, il comprend une foule de golfes ou de baies. Ce n'est guère qu'une mer de glace.

*L'océan Atlantique* va du cercle polaire arctique jusqu'au cap Horn. Séparant l'Amérique de l'Europe et de l'Afrique, il comprend la mer du Nord, la mer Baltique, le golfe de Gascogne, la Méditerranée avec la mer Noire, le golfe du Mexique et les Antilles, enfin le golfe de Guinée.

*L'océan Indien*, au sud de l'Asie, s'étend entre l'Afrique et la Nouvelle-Hollande; il comprend la mer Rouge, le golfe Persique, la mer de Bengale.

*L'océan Pacifique* s'étend entre les deux cercles polaires : il sépare l'Amérique de l'Asie et de l'Océanie ; au delà du cap Horn, il fait tout le tour du globe. On y comprend le détroit de Behring, la mer Jaune et la mer Bleue, la Sonde, la mer des Moluques, les golfes de Californie et de Panama.

L'immense nappe d'eau qu'on appelle *l'océan Atlantique* et qu'est aujourd'hui parcourue en tous sens par les navires du commerce des deux mondes, fut, pour la première fois, franchie par le hardi Génois Christophe Colomb. Mais Colomb ignorait que les terres qu'il venait de découvrir fissent partie d'un nouveau monde; il croyait avoir atteint l'extrémité de l'Asie. Pour lui l'océan Pacifique n'existait pas. Aussi quelle ne fut point la surprise générale lorsque le Portugais Magellan, après avoir atteint l'Amérique, la côtoya vers le sud, et traversant le redoutable détroit qui porte aujourd'hui son nom, entra, toutes voiles dehors, dans l'océan Pacifique! Ce ne fut qu'alors que se révéla toute l'importance de la découverte de Colomb. Magellan alla jusqu'aux Philippines, dont il prit possession au nom de l'Espagne. On sait qu'il périt dans ces îles, et que ses compagnons retournèrent en Europe par la route que Vasco de Gama avait ouverte peu auparavant entre les Indes et l'Afrique, en contournant le cap de Bonne-Espérance. Cette nouvelle route avait changé la face du commerce, en



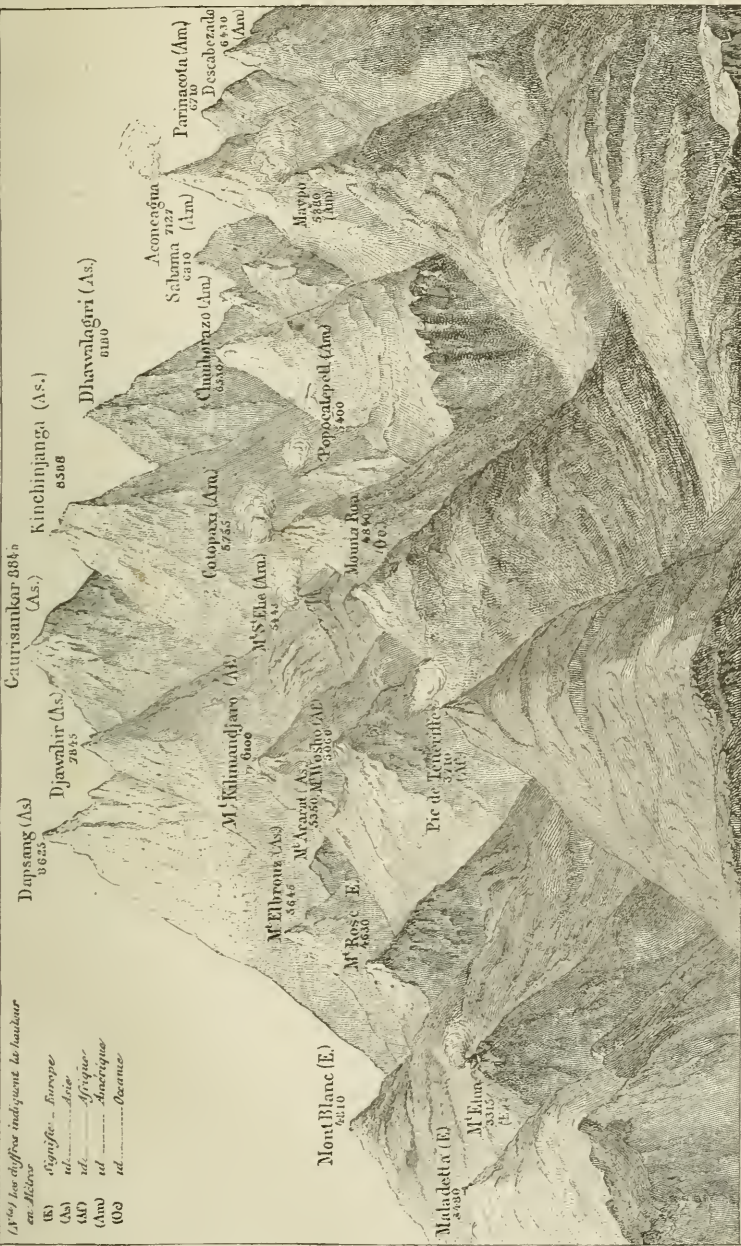
privant de leurs marchés Alexandrie, Venise et tout le littoral de la Méditerranée.

Il faut s'attendre à un retour de la prospérité commerciale dans ces parages, quand l'isthme de Suez parcouru par un canal de navigation fera communiquer la mer des Indes avec le *lac français*, selon le mot employé par Napoléon pour désigner la Méditerranée. Une révolution analogue s'accomplira dans la navigation et le commerce quand on sera parvenu à percer également l'isthme de Panama, qui sépare les deux Amériques et en fait presque deux mondes distincts.

# LES MONTAGNES LES PLUS ÉLEVÉES DANS LES CINQ PARTIES DU MONDE.

(Les hautes chiffres indiquent la hauteur en Mètres)

(E) signifie Europe  
 (As) id. Asie  
 (Am) id. Amérique  
 (Afr) id. Afrique  
 (Océ) id. Océanie



NIVEAU DE LA MER



# RELIEFS DU GLOBE.

---

## I

Les montagnes. — Principales chaînes de montagnes du globe.  
Formes diverses des montagnes.

Les montagnes, qui hérissent en divers points, et suivant une direction linéaire multiple, la surface de la terre, ont été formées, comme nous l'avons expliqué dans *la Terre avant le déluge*, par deux effets géologiques tenant chacun à la même cause : le refroidissement progressif du globe. Le refroidissement de la masse terrestre, le passage à l'état solide d'une partie du noyau liquide intérieur, en diminuant le volume de la masse intérieure, a rendu trop grande son enveloppe consolidée. Dès lors cette enveloppe s'est affaissée en certains points et relevée en d'autres; elle a produit des *rides*, des *plis*, des *bosses* à la surface de la terre. Ces rides et ces plis sont les montagnes ou chaînes de montagnes. Quand une pomme se dessèche, c'est-à-dire diminue de volume par suite de l'évaporation de l'eau, sa peau se ride, se boursoufle : voilà l'image de la formation des montagnes sur l'écorce terrestre par le refroidissement.

Le refroidissement de la masse intérieure du globe n'a pas seulement produit des rides sur notre globe, il a aussi déterminé des fentes et des fractures. Les immenses fentes qui, à un certain moment, se sont ouvertes dans l'épaisseur de la croûte terrestre, ont été bientôt remplies par l'irruption, lente ou subite, des matières contenues dans l'intérieur, par le granit, les porphyres, les basaltes, enfin par les laves. Les Alpes orien-

tales, par exemple, ont été produites, à une époque assez récente, par l'éruption de la protogyne qui constitue le Mont-Blanc, à travers les terrains de transition et secondaires qui formaient autrefois les plaines de la région des Alpes. Les Pyrénées ont été formées par l'éruption de masses de granit et d'ophite ; ces roches, surgissant au dehors, ont soulevé et renversé les terrains crétacés et tertiaires qui s'étendaient autrefois dans cette région en bancs horizontaux, et ont ainsi produit la chaîne des Pyrénées.

Les deux phénomènes dont il vient d'être question s'étant manifestés à diverses époques, dans toutes les parties des deux hémisphères, ont donné au globe terrestre ses reliefs principaux, c'est-à-dire formé les montagnes que nous avons à considérer dans ce chapitre.

Donnons d'abord, d'une manière très-générale, une idée d'ensemble de la direction de toutes les montagnes du globe.

Plaçons-nous, pour un instant, au milieu de l'océan Pacifique, à une grande hauteur au-dessus de la Nouvelle-Zélande, et dirigeons nos regards vers le nord de la terre. Nous aurons à notre droite l'Amérique, à notre gauche les côtes de l'Afrique et de l'Asie.

L'Afrique australe forme un vaste plateau dont les trois faces occidentale, méridionale et orientale descendent vers la mer en larges gradins escarpés, qui sont coupés de nombreuses brèches et surmontés çà et là de quelques pics de soulèvement. L'escarpement oriental de ce grand plateau, qui se dirige droit au nord, en laissant à son est le cap Guardafui qui fait face au golfe d'Aden, était considéré par les géographes des siècles derniers comme une énorme chaîne à laquelle ils donnaient le nom de *monts Lupata* ou de *l'Épine du monde* ; mais le nom de *Lupata*, qui signifie gorge, n'est appliqué par les indigènes qu'au groupe de rochers qui livrent passage à la rivière Zambèze. La côte africaine, entre Zanguebar et le cap Guardafui, semble être un plateau raviné, sans montagnes inférieures. Les chaînes de l'Arabie Heureuse et de la Perse courent du sud-est au nord-ouest, et se relie à la grande chaîne principale de l'Asie, laquelle commence, sous le nom de Taurus, dans l'Asie Mineure, contourne les rives méridionales



de la mer Caspienne, et rejoint, sous le nom de l'Hindou-Kouch, le massif du Bolor-Tag (*Montagnes du Brouillard*). Ce massif est le nœud d'où partent plusieurs branches de la grande chaîne, pour se diriger vers le nord-est, l'est et le sud-est. La branche dite *Kouen-Louen* suit, de l'ouest à l'est, le trente-sixième parallèle à travers la Mongolie, au nord du grand plateau Thibétain, et se prolonge dans la direction du nord-est par la chaîne des Nan-Chan et In-Chan. La branche plus méridionale du Karakoroum et de l'Himalaya descend vers le sud-est, à la mer de Chine. La branche plus septentrionale des monts Thian-Chan se relie, par les monts Altaï, à une suite de montagnes et de collines qui descendent doucement vers le cap Tchoukchi et la mer Glaciale. Le détroit de Behring coupe cette chaîne, en séparant l'Asie de l'Amérique du Nord; mais, à l'est, les montagnes se relèvent et suivent les côtes occidentales de l'Amérique jusqu'au cap Horn, en formant une chaîne non interrompue, qui de temps en temps se retire un peu à l'intérieur, mais le plus souvent borde immédiatement l'Océan par d'immenses falaises. De l'autre côté, les terrains s'inclinent peu à peu vers l'océan Atlantique, ainsi qu'on le reconnaît par la direction des grandes rivières.

Les plus hautes montagnes du monde entourent un vaste bassin dont le milieu est occupé par un amas d'îles plates. Les flots de ce bassin baignent souvent le pied de la chaîne qui borde ses rives; mais, sur quelques points, les montagnes sont encore séparées de la mer par des terrains en pente douce. Les régions de l'Inde et de la Chine s'étendent entre la ceinture rocheuse et le Grand Océan; les presqu'îles du sud de l'Asie sont comme des tronçons de l'isthme qui joignait ces parages à ce groupe de pays brisés et morcelés qui remplissent le milieu du grand bassin, et dont le morceau le plus important est l'Australie. Ils ressemblent aux débris d'un continent écroulé.

Une ramification importante des grandes chaînes de l'Asie se propage dans l'Europe, où elle a ses points culminants dans les Alpes; de là, les terrains descendent doucement vers la mer. Les couches qui forment le sol des continents s'enfoncent graduellement sous les océans, vont reparaitre de l'autre côté, et dans l'intervalle elles forment le fond des grands bassins du Pacifique et de l'Atlantique.

Les rives de l'océan Atlantique sont loin d'offrir des escarpements aussi raides que les falaises orientales et occidentales du Pacifique, avec leurs chaînes des Cordillères, des Andes, etc. La pente générale des plateaux qui entourent l'Atlantique est bien plus douce, et ce bassin sinueux, tout vaste qu'il soit, ne paraît que comme un grand canal ou comme une sorte de méditerranée.

Après ce coup d'œil général, occupons-nous de la hauteur et de la forme des diverses montagnes du globe. Les explorations récentes d'une foule de savants voyageurs de tous les pays nous fourniront les matériaux de cet exposé.

Les montagnes de la terre sont loin d'être aussi élevées que celles de la lune ou que celles de la planète Vénus; toutefois, une hauteur de 9 kilomètres, comme celle du Gaurisankar en Asie, n'est pas à mépriser. Seulement il ne faut pas s'imaginer que le relief des montagnes altère sensiblement la forme sphérique de la terre. Nous avons déjà comparé les montagnes, sous le rapport de leur relief sur le globe, aux rugosités de la peau d'une orange; mais il faut convenir, pour être exact, que la surface terrestre est bien plus unie que ne l'indiquerait cette comparaison. La plus grande hauteur des montagnes de notre globe est de 9 kilomètres, c'est-à-dire à peu près  $\frac{1}{1500}$  du diamètre de la terre. Or, le diamètre d'une orange étant en moyenne de 7 à 8 centimètres, ce chiffre correspondrait à une rugosité vingt fois plus petite qu'un millimètre, c'est-à-dire de l'épaisseur d'une feuille de papier. Mais n'oublions pas que ce calcul repose sur la considération de la plus haute montagne du globe. Que seraient les montagnes ordinaires, représentées, en proportion de leur grandeur véritable, sur un globe de la grosseur d'une orange? Elles seraient nulles. Malgré ses montagnes et ses vallées, la terre est donc parfaitement arrondie; le tourneur le plus habile ne réussirait pas à produire une sphère aussi parfaite<sup>1</sup>.

En parlant des montagnes, nous avons toujours employé le mot *chaîne*. Que faut-il entendre par ce terme? Une *chaîne* est

1. Quand on parle de la hauteur d'une chaîne de montagnes, il est bon de distinguer l'élévation des cimes et l'élévation moyenne des passages ou cols, laquelle représente la hauteur du dos des montagnes. De Humboldt a calculé comme il

une suite de montagnes qui s'étendent principalement dans une direction longitudinale. Quand les dimensions transversales d'un tel système deviennent aussi considérables que la dimension de la longueur, on l'appelle un *massif*. Citons comme exemple de massifs les montagnes de la Forêt-Noire, des Ardennes, etc.

Un fait à remarquer, c'est que, plus un système de montagnes est élevé, plus son faite présente d'irrégularités, plus les fentes et les vallées sont profondes, les précipices abrupts, et les pentes rapides.

Les flancs d'une chaîne de montagnes se nomment *versants*, parce qu'on les considère comme le point de départ des eaux qui descendent ou se *déversent* dans les vallées et les plaines.

suit ces deux données pour les principales chaînes du globe; il y ajoute l'élévation de la base de ces montagnes au-dessus du niveau prolongé de la mer :

<i>Himalaya.</i>		<i>Alpes.</i>	
	Mètres.		Mètres.
Kanchinjanga.....	8592	Mont-Blanc.....	4810
Crête.....	4777	Crête.....	2340
Pied (à Delhi).....	300	Pied.....	400
<i>Cordillères.</i>		<i>Pyénées.</i>	
Aconcagua.....	7290	Maladetta.....	3480
Crête.....	3607	Crête.....	2437
Pied (mer).....	0	Pied (mer).....	0

Ainsi, dans les Alpes (et aussi dans le Caucase), la hauteur du faite est le double de l'élévation moyenne des passes; dans les Cordillères de Quito et les monts Himalaya, le rapport est celui de 9 à 5; dans les Pyrénées, celui de 3 à 2. Les Pyrénées sont le rempart le moins accessible de l'Europe; les Alpes, au contraire, qui offrent des dépressions plus profondes, sont beaucoup plus faciles à traverser.

Les chiffres qui précèdent ont été donnés par de Humboldt, en 1825. Nous n'avons pas à modifier le tableau qu'il nous a laissé. D'après des mesures plus récentes, ces chiffres ont dû être changés; mais ils suffisent pour donner une idée des rapports de hauteur des principales chaînes.

Voici des évaluations plus exactes de ces mêmes hauteurs. Les frères Schlagintweit ont donné les comparaisons suivantes pour l'Himalaya, le Karakorum et les Alpes.

<i>Himalaya.</i>		<i>Karakorum.</i>		<i>Alpes.</i>	
	Mètres.		Mètres.		Mètres.
Faite (Gaurisankar).....	8840	Faite (Dispang).....	8625	Faite.....	4810
Passes.....	5430	Passes.....	5700	Passes.....	2300

Berghaus donne, pour les Andes, les comparaisons suivantes :

<i>Cordillères.</i>	
	Mètres.
Faite (Chimborazo).....	6530
Passes (occidentales).....	4420
— (orientales).....	4120
— (moyenne).....	4270

Les deux versants d'une même chaîne offrent très-souvent de grandes différences : tandis que l'un s'abaisse doucement, l'autre est, au contraire, raide et escarpé. Les Alpes, par exemple, descendent beaucoup plus rapidement du côté de l'Italie que du côté de la France et de la Suisse. Le mont Liban offre une pente très-douce vers l'Euphrate, et oppose une falaise escarpée à la Méditerranée. Cette circonstance générale de structure s'explique d'ailleurs fort bien par la théorie que nous avons présentée de la formation géologique des montagnes. Le point sur lequel s'est faite l'éruption de la matière lancée de l'intérieur du globe présente un côté abrupt et escarpé, tandis que les terrains qui ont été soulevés sur une grande étendue, à partir de ce point, s'abaissent en une pente douce et graduée, selon leur éloignement du centre de soulèvement : de là un versant abrupt et même à pic, et un versant à pente prolongée. Le même effet s'est encore produit quand les montagnes résultent d'un simple plissement de l'écorce terrestre : il y a dans le pli d'une étoffe un côté abrupt et une pente.

Les sommets des groupes des montagnes offrent des aspects très-variés. Ainsi les Pyrénées, vues du côté de la Gascogne, ressemblent aux dentelures régulières d'une scie : de là le nom de *Sierra* donné à beaucoup de chaînes de montagnes par les peuples espagnols. La crête des Alpes, au contraire, est bizarrement et irrégulièrement découpée. Faisons remarquer que les formes aiguës de ces sommets proviennent de l'action de l'air et des pluies, qui ont diversement altéré les roches et fait naître, postérieurement à la formation des montagnes, ces apparences souvent bizarres.

On distingue, dans une même montagne : le *pied*, qui repose sur les ondulations de la plaine, ensuite les *flancs*, enfin la *cime*, le *sommet* ou le *faîte* ; si l'élévation s'étend en forme de toit, cette cime se nomme *crête*.

La dénomination de *montagne* ne s'accorde généralement qu'à des gibbosités hautes de plus de 500 mètres ; mais le sens de ce mot varie selon les habitudes et la patrie des voyageurs qui l'emploient. Les habitants des plaines appellent *montagne* ce qui pour d'autres n'est qu'une butte, et les montagnards désignent dédaigneusement par le nom de *collines* ou *monticules* des élévations de terrain fort respectables.





Fig. 20. Aiguille du Dru et aigü lle Verte, dans la chaîne du Mont-Blanc.





Rien n'est plus varié que la forme des montagnes : leur sommet présente le roc tantôt taillé en angle aigu, s'élançant en aiguilles droites ou renversées, tantôt arrondi en coupole. De là l'immense variété de dénominations que l'on donne à ces cimes, selon leurs formes particulières : *pics, aiguilles, dents, quilles, dômes, puy, cornes, tours, mamelons, trompes, ballons, brèches*, etc. Pour mieux faire apprécier la variété de ces formes caractéristiques, nous en donnerons ici quelques exemples accompagnés de figures à l'appui.

Un exemple frappant des sommets effilés des montagnes, c'est le *mont Aiguille*, dans le Dauphiné.

Dans la chaîne du Mont-Blanc, on voit une série de pics désignés sous le nom même d'*aiguilles* : l'*aiguille de Charmoz*, l'*aiguille du Dru*, l'*aiguille Verte*, etc. La figure 20 représente l'*aiguille du Dru* et l'*aiguille Verte* qui domine la Mer de Glace.

Un autre mont taillé en pic dentelé, c'est le *Cervin*, qui domine la chaîne sur les deux revers italien et français des Alpes. La figure 21 représente le mont Cervin, ainsi que les glaciers qui accompagnent ce magnifique échantillon des sommités alpestres.

On voit par cette image fidèle que le mont Cervin se termine véritablement en pointe d'aiguille. C'est précisément cette forme, jointe aux petits glaciers parsemés le long de cette éminence, presque verticale, qui avait toujours fait regarder ce pic alpestre comme à peu près inaccessible. En 1865, quatre touristes anglais voulurent tenter l'ascension. Mais une catastrophe terrible termina cette expédition téméraire.

Le 15 juillet 1865, lord Douglas et MM. Hadow, Hudson et Wymper, accompagnés de trois guides, avaient réussi à escalader le mont Cervin. Après être demeurés quelque temps sur la crête, ils descendirent, en se tenant tous attachés à une longue corde. Arrivé à un passage plus dangereux que tous les autres, lord Douglas vint, par malheur, à glisser. Il tombe et entraîne dans sa chute tous les autres. Le guide qui marchait le dernier, avec son fils, eut le temps de fixer l'extrémité de la corde à une saillie du rocher. Malheureusement le poids des quatre personnes qui étaient en avant fit briser la corde entre le troisième et le quatrième voyageur. Seul M. Wymper fut sauvé. Les trois Anglais et l'un des guides, celui qui marchait

en tête, furent précipités de rocher en rocher, d'une hauteur de plus de 1000 mètres.

Cette catastrophe a très-vivement impressionné le public en Angleterre et en France. Il nous paraît donc intéressant de transcrire ici le récit détaillé de cet événement, qui a été donné, dans le journal le *Times*, par le seul Anglais qui ait survécu.

« Invité, écrit M. Wympet, par le président du *Club Alpin*, à publier *in extenso* le récit de la catastrophe du mont Cervin, je sens qu'il m'est impossible de garder plus longtemps le silence. J'ai donc l'honneur de vous en transmettre les détails, dont, hélas! je puis vous garantir l'entière exactitude.

« C'est le mercredi matin 12 juillet, qu'accompagné de lord Francis Douglas, je franchis le col de Saint-Théodule, dans le but de me procurer des guides de Zermatt. Après être sortis des neiges, du côté du nord, nous contournaîmes les bases du grand glacier; puis le glacier de *Furge* passé, je laissai ma tente, des cordes et autres objets dans la petite chapelle qui se trouve auprès du lac Noir. De là nous descendîmes au village susdit, et j'y engageai les services de Pierre Tauggwald, en l'autorisant à s'adjoindre un deuxième guide.

« Dans la soirée, arriva à notre hôtel le révérend Charles Hudson et son ami M. Hadow; tous deux me firent part de leur intention de chercher à gravir le mont Cervin, le lendemain au matin. Lord Douglas tomba d'accord avec moi sur la convenance de nous réunir à nos compatriotes.

« Nous parlâmes dans ce sens à M. Hudson, qui accepta immédiatement cette proposition. Mais avant d'admettre M. Hadow parmi nous, j'eus soin de m'informer de ses capacités comme marcheur; et, autant que je puis m'en souvenir, M. Hudson me répondit que son jeune compagnon avait gravi le sommet du Mont-Blanc en moins de temps que la plupart des touristes; il ajouta que M. Hadow s'était déjà distingué plusieurs fois dans des expéditions analogues, et qu'il le considérait comme parfaitement à même de tenter l'aventure avec nous; M. Hadow fut donc définitivement admis.

« Nous nous mîmes en quête d'autres guides; Michel Groz était au service de M. Hadow et de M. Hudson. Ce dernier estimant que si Pierre Tauggwald consentait à nous accompagner, le nombre des guides serait suffisant, je communiquai cette pensée à nos hommes, qui l'approuvèrent.

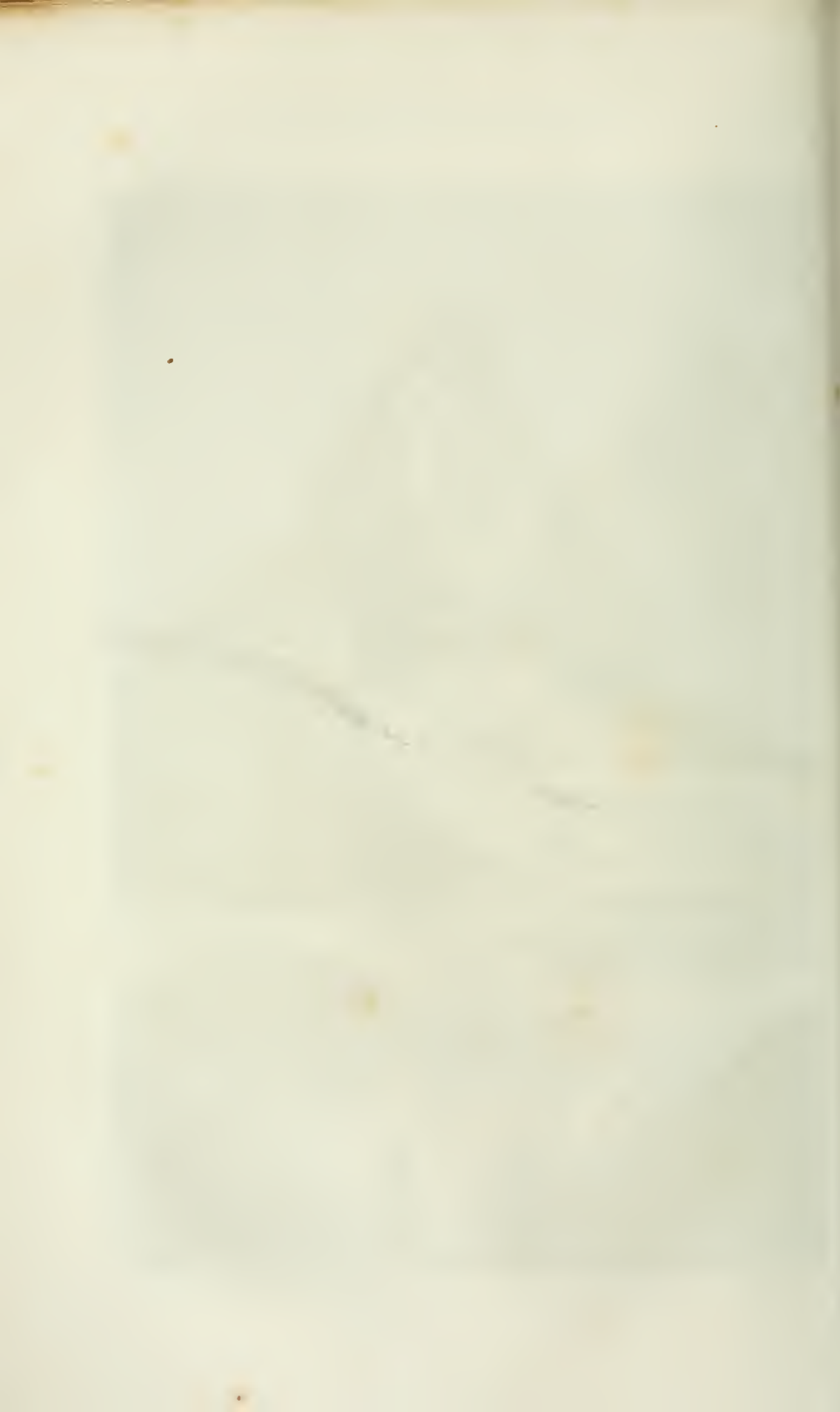
« Nous quittâmes Zermatt le jeudi, à 5 heures 35 du matin. Sur le désir exprimé par leur père, les deux fils Tauggwald vinrent avec nous. Ils portaient des provisions pour trois jours. Nous ne primes point de corde au village; il s'en trouvait de reste dans la chapelle du lac Noir.

« On ne cesse de me demander pourquoi nous n'emportâmes point le cordon enfil de fer, inventé par M. Hudson, et qui faisait partie de son bagage. Je ne sais que répondre. Ledit cordon ne fut pas même mentionné par M. Hudson, et je ne l'ai vu qu'après la catastrophe. C'est de ma corde



Fig. 21. Mont Cervin, dans les Alpes.







seule que nous nous sommes servis. Elle se composait d'abord de 200 pieds, de la corde adoptée par le club Alpin, puis de 150 pieds d'une autre espèce de corde, que j'estime être plus forte que la précédente, enfin de 200 pieds d'une corde plus mince et plus faible que la première; celle-ci avait été employée par moi jusqu'à l'époque de l'adoption générale de la corde du club Alpin.

« En quittant le village, notre intention était d'attaquer la montagne d'une façon sérieuse, et nous étions abondamment pourvus de tout l'attirail dont une longue expérience nous avait démontré la nécessité. Cependant, le premier jour, nous ne nous propositions pas de monter à une très-grande altitude, mais seulement de nous arrêter lorsque nous trouverions un lieu favorable à l'érection de la tente.

« Nous montâmes en conséquence très-lentement; à huit heures vingt, nous passâmes le lac Noir et nous suivions l'arête qui relie le Hornli au pic du mont Cervin proprement dit; ici, nous arrivâmes à onze heures vingt, après des haltes nombreuses. Reposés, nous nous remîmes en marche, en nous dirigeant à gauche, sur le côté nord de la montagne. Avant midi, la tente était fixée: nous étions à 11 000 pieds de hauteur; mais Croz et l'aîné des fils Tauggwald poursuivirent en éclaireurs afin de gagner du temps pour le lendemain.

« Ils nous revinrent tout heureux de nous informer qu'ils n'avaient point trouvé de difficultés insurmontables, et que, si nous les eussions accompagnés, nous aurions pu gravir au sommet, et redescendre à la tente pour le soir. Le reste de la journée se passa à considérer la vue, à nous chauffer au soleil et à converser; le couchant fut magnifique, et tout nous promettait un lendemain splendide.

« Avant la nuit tombée, Hudson prépara le thé, je fis le café, et chacun de nous se revêtit du sac qui, dans les excursions alpêtres, remplace le lit. Ainsi que les Tauggwald et lord Douglas, j'occupai la tente; les autres préférèrent rester dehors. Mais il était nuit close, que les précipices et les rochers répercutaient nos rires et les chants de nos guides. Nous étions heureux, et nul de nous n'appréhendait le moindre péril.

« Avant l'aurore, nous étions debout et en marche; le cadet des fils Tauggwald ne vint pas plus loin. A six heures vingt, nous avions atteint une hauteur de 12 800 pieds; nous décidâmes d'y faire une halte d'une demi-heure; puis l'ascension continua, sans la moindre interruption, jusqu'à neuf heures cinquante-cinq; ici nous étions à 14 000 pieds; l'arrêt que nous y fîmes dura cinquante minutes. Jusqu'à ce point, nous avions gravi du côté nord et sans nous servir de la corde.

« Tantôt je tenais la tête, quelquefois c'était Hudson. Nous étions arrivés au pied de cette partie du pic qui, considérée de Zermatt, semble perpendiculaire; impossible de poursuivre. D'un commun accord nous gravîmes, pendant un certain temps, par l'arête, dont une des extrémités se dirige vers le village; puis il fallut tourner à droite, au nord-ouest.

« Nous avons changé notre ordre de marche: Croz s'avancit le premier; je le suivais, puis Hudson, Hadow, Douglas, enfin Tauggwald et son fils. Ici, la prudence et la lenteur devenaient indispensables. En cer-

tains endroits nous ne savions guère à quoi nous accrocher. Dans les fissures et les rugosités de la roche était incrustée une neige durcie, et le roc lui-même était revêtu d'une mince couche de glace. Néanmoins un montagnard pouvait encore y passer.

« Toutefois ici nous découvrîmes que M. Hadow n'était pas suffisamment familiarisé avec ce genre de labeur ; à chaque instant il fallait venir à son secours. Nul de nous cependant ne proposa de le laisser en arrière. Pour rendre hommage à la vérité, je dois ajouter que la peine qu'il avait à avancer ne provenait ni de fatigue ni de faiblesse, l'expérience seule lui faisait défaut.

« M. Hudson, qui me suivait, escalada la montagne tout entière, sans qu'on dût une seule fois venir à son aide ; quelquefois, après que Croz m'avait tendu la main pour m'attirer à lui, je me suis tourné pour offrir la main à Hudson ; il la refusa toujours, comme n'en éprouvant aucun besoin.

« Cette difficile partie de notre tâche ne fut pas de longue durée : l'espace parcouru n'avait guère plus de 300 pieds de hauteur ; à son extrémité, l'inclinaison diminua peu à peu ; et, pour arriver à la cime même, je me détachai de la caravane, ainsi que Croz, et c'est en courant que nous arrivâmes au sommet même du mont Cervin. Il était une heure quarante ; nos amis nous rejoignirent dix minutes plus tard.

« On m'a prié de décrire l'état personnel de chacun lors de mon arrivée à la cime ; je puis le faire en deux mots. Aucun ne semblait fatigué, et je suis convaincu qu'aucun ne l'était. Croz se mit à rire quand je l'interrogeai à cet égard ; au fait, nous n'avions été en route que dix heures, et je fis remarquer à Croz que notre marche s'était accomplie avec lenteur.

« Oui, me répondit-il, nous avons eu raison de ne pas nous presser : « mais j'avoue que, pour descendre, je préférerais être seul avec vous « et un guide. »

« Mes compatriotes et moi, nous discussions déjà l'emploi de notre soirée à notre retour au village.

« La halte au sommet fut d'une heure. Je me concertai avec Hudson sur ce qu'il y avait à faire pour la descente. Nous tombâmes d'accord qu'il convenait de faire marcher Croz en tête, comme étant le plus fort. Hadow le suivrait, Hudson, qui pour la sûreté du pied valait un guide, voulut être le troisième. Lord Douglas venait ensuite, et le vieux Tauggwald était derrière lui. Je suggérai à Hudson la pensée qu'il ne serait pas mal d'attacher une corde au rocher, lorsque nous arriverions à l'endroit difficile ; que nous la saisirions des deux mains, et que nous y trouverions un fort efficace supplément de sécurité. Il approuva ce projet ; mais nous ne décidâmes point positivement de le mettre à exécution. Tous s'attachèrent les uns aux autres, tandis que je terminais un croquis du sommet. Ils m'attendirent ; je me reliai seulement au fils Tauggwald ; et nous allions nous remettre en route, lorsque quelqu'un fit la remarque que nous n'avions point laissé nos noms dans une bouteille.

« On me pria de les écrire ; pendant que je m'y prêtais, commença la marche. Quelques minutes après, je les rejoignis ; ils se dévalaient dans

l'endroit le plus difficile. On prit les soins les plus minutieux. Un seul homme bougeait à la fois; lorsqu'il avait pris son assiette, le suivant s'avavançait en silence. La distance moyenne existant entre nous était d'à peu près vingt pieds. On n'avait point cependant attaché au roc la corde supplémentaire; on n'en parla point, et je ne crois pas même y avoir pensé alors.

« Comme je l'ai expliqué, j'étais détaché des autres et je les suivais; mais au bout d'un quart d'heure, lord Douglas me pria de me rattacher au père Tauggwald, craignant, me dit-il, que, s'il venait à glisser, ce dernier ne suffit pas pour le maintenir. Je le fis immédiatement: c'était dix minutes avant la catastrophe, et c'est à cette précaution, prise pour un autre, que Tauggwald doit la vie.

« Au moment de l'accident, tous étaient immobiles, je le crois du moins; mais je ne puis le dire avec certitude, et les deux Tauggwald ne le peuvent pas davantage, parce que les deux hommes marchant en tête étaient à demi cachés par un épaulement du roc. Le pauvre Croz avait jeté sa hache, et pour donner à Hadow plus de sécurité, il lui prenait les jambes et lui mettait les pieds, l'un après l'autre, dans les positions qu'ils devaient occuper; et à en juger par les mouvements de leurs épaules, je pense que Croz se tournait pour descendre d'un pas ou de deux. C'est dans cet instant-là que M. Hadow doit avoir trébuché, puis être tombé sur lui.

« Croz poussa un cri; je le vis glisser avec la rapidité d'une flèche, suivi par Hadow; une seconde après, Hudson fut arraché de sa place et lord Douglas avec lui: ce fut l'affaire de deux secondes. Mais, à l'instant même où nous entendîmes l'exclamation de Croz, ainsi que Tauggwald, je me cramponnai et me renversai en arrière, aussi ferme que le permettait l'effroyable inclinaison du rocher.

« La corde qui nous reliait était tendue, et le choc nous atteignit comme un seul homme. Nous nous maintenîmes; la corde se rompit à égale distance de Tauggwald et de Douglas! Pendant deux ou trois secondes, tout au plus, nous vîmes nos infortunés compagnons glisser sur le dos, en étendant les mains, puis ils disparurent l'un après l'autre, et tombèrent de précipice en précipice sur le glacier, 4000 pieds plus bas!...

« Pendant une demi-heure, le saisissement nous rendit immobiles. Paralysés par la terreur, les deux Tauggwald pleuraient comme des enfants et tremblaient comme la feuille. Descendus un peu plus bas, je demandai à voir la corde qui s'était rompue. Hélas! à ma consternation, à mon horreur, je constatai que c'était la plus faible des trois. Nos malheureux amis s'attachant les uns aux autres, tandis que je dessinais, je n'avais pas pris garde à la corde choisie par eux. — On a prétendu que la corde s'est cassée par suite de sa friction sur le roc; il n'en est rien, et l'extrémité restée en ma possession ne justifie point cette manière de voir.

« Pendant les deux heures qui suivirent, chaque instant me sembla être le dernier de mon existence. Non-seulement les Tauggwald étaient complètement énervés et hors d'état de m'être utiles: ils chancelaient à chaque pas. Je dois cependant ajouter qu'à peine arrivés dans une partie plus facile de la descente, le jeune homme se mit à rire, à fumer et à manger, comme si rien de funeste ne fût survenu. — Je n'ai plus rien à dire de la descente.



« Sans cesse, mais toujours en vain, je m'arrêtais, pour chercher à découvrir des traces du passage de mes infortunés compagnons. En conséquence, la nuit nous surprit, que nous nous trouvions encore à 13 000 pieds de haut. Nous n'entrâmes à Zermatt que le samedi, à dix heures et demie du matin.

« Dès mon arrivée, je fis appeler le maire et le requis d'envoyer autant de monde que possible sur les hauteurs dominant l'endroit où j'étais certain que nos amis étaient tombés. Plusieurs hommes partirent et revinrent au bout de six heures; ils les avaient vus, mais sans pouvoir les atteindre ce jour-là. Ils se proposaient de retourner le dimanche soir, de manière à arriver auprès des cadavres le lundi, au point du jour. Dans mon angoisse, je me décidai à remonter dès le dimanche matin, accompagné du révérend Mac Cormick. Menacés d'excommunication s'ils n'assistaient pas à la première messe, les guides de Zermatt ne purent nous suivre.

« Je suis convaincu que plusieurs en souffrirent autant que nous; j'en jugeai par les larmes de regret dont les yeux étaient remplis. MM. Robertson, Phillipols, leur guide Frantz Andermatt, M. Puller et les frères Lochmatter, F. Payot et J. Tairraz de Chamonix, nous escortaient. Nous nous mimés en route, en suivant la direction que nous avions prise quatre jours auparavant. Du Hornli, nous descendîmes à droite de l'arête, et, les moraines du glacier du mont Cervin escaladées, nous arrivâmes sur le plateau que termine ce dernier, en vue de l'angle où nous savions que les corps gisaient.

« En voyant chacun de nos guides, au visage hâlé, pointer successivement le télescope sur un certain endroit, pâlir, puis remettre en silence l'instrument à son voisin, nous comprîmes qu'il n'y avait plus rien à espérer. Nous approchâmes. Les malheureux gisaient dans l'ordre où ils s'étaient trouvés sur le pic : Croz un peu en avant; Hadow près de lui, et Hudson à quelque distance en arrière; quant à lord Douglas, impossible de le retrouver. A mon grand étonnement, je constatai qu'ils étaient attachés avec la corde du club ou avec la seconde corde forte; par conséquent un grand fragment, celui qui existait entre Tauggwald et Douglas, était le moins solide de tous !

« Par ordre du conseil d'État du Valais, quatre jours après l'événement, vingt et un guides durent aller chercher et ramener au village les corps de nos amis. Ces braves gens accomplirent cette tâche dangereuse avec une intrépidité qui leur fait honneur.

« Ils ne virent aucune trace du corps de lord Douglas, vraisemblablement arrêté dans sa chute par quelque pointe de rocher. Personne ne déplore sa perte plus profondément que moi; car, quoique jeune, c'était un montagnard accompli; pour lui, le danger n'était pas.

« Je dus rester à Zermatt jusqu'au 22 juillet, pour assister à l'enquête instituée par le gouvernement.

« Telle est, monsieur, la triste histoire que j'ai à vous conter. Une simple glissade, ou un simple faux pas, a été cause d'une infortune qu'on n'oubliera jamais. J'ajouterai un mot. Si la corde ne se fût pas rompue, vous n'auriez pas reçu cette lettre, car nous n'eussions pas été de force à balancer le poids de quatre hommes tombant à la fois.

« Mais je suis convaincu que nul accident ne fût arrivé, si la corde qui liait Tauggwald au dernier de nos amis eût été raide comme celle qui rattachait ce guide à moi. La corde est d'un grand secours; mais elle ne doit jamais former un anneau; car si une personne tombe ou glisse, sa chute acquiert graduellement une vitesse à laquelle il est difficile de résister. »

La *montagne de la Table*, au cap de Bonne Espérance, présente la forme d'un immense autel.



Fig. 22. Pic de Pierre Bott, à l'île-de-France.

L'une des formes les plus curieuses est celle du *pic de Pierre Bott* (fig. 22), dans l'île-de-France (autrefois île Maurice). Elle porte le nom d'un certain Peter Bott qui, après avoir réussi à escalader son sommet, périt en redescendant. Un énorme bloc de pierre posé en surplomb couronne la cime de ce pic, élevé de plus de cent mètres au-dessus de sa base. En 1832, un voyageur, plus heureux que Pierre Bott, s'éleva au sommet de cette aiguille et en redescendit sans accident.

On trouve en Chine des sommets de montagnes qui offrent



l'image grossière d'une tête de dragon, de tigre ou d'ours. On rencontre quelquefois un labyrinthe de rochers élevés comme des quilles : c'est ce qui existe à Adersbach, en Bohême. Après d'Envionne, dans le Valais, il y a des mamelons qui rappellent les anciennes perruques moutonnées<sup>1</sup>.

Une forme des plus remarquables est celle des montagnes basaltiques. Quand on contemple les rangs serrés de ces piliers immenses formant des montagnes entières, on croit voir des constructions sorties des mains des géants. Aussi désigne-t-on,



Fig. 23. Ile Cyclopéenne.

en général, les dépôts de basalte sous le nom de *chaussées des géants*.

La figure 23 représente l'une des *îles Cyclopéennes*, qui se trouvent non loin de la Sicile et ne sont que des montagnes volcaniques résultant d'éruptions de basalte.

Les exemples de *mamelons* ou *croupes montagneuses* sont trop connus pour qu'il soit nécessaire d'en tracer aucune vue particulière.

1. De Saussure, *Voyage dans les Alpes*, § 1061.

Les montagnes *percées à jour* sont une des plus curieuses bizarreries de la nature. *Pierre pertuis* dans le Jura, le *Pausilippe* près de Naples, le *Monte Tafonato* en Corse, le *Torghat* en Norvège, nous en offrent des exemples remarquables.

La colline de *Pausilippe*, site antique et célèbre, parce que la tradition y place le tombeau de Virgile, s'élève au bord de la mer, à l'entrée de Naples. Elle est percée de part en part, et la route de Naples à Pouzzoles la traverse en entier : c'est une sorte de tunnel de dimensions gigantesques. C'était, à l'origine, une carrière de pierres, et c'est en continuant l'exploitation que l'on a fini par percer la montagne d'un bout à l'autre.



Fig. 24. Mont Tafonato.

Vers le milieu du quinzième siècle, Alphonse, roi de Naples, la fit élargir ; plus tard on l'a encore agrandie et munie de soupiraux à la voûte, pour y faciliter le mouvement de l'air. Longue de près d'un kilomètre, la voie souterraine de Pausilippe a trente mètres de hauteur et une largeur qui varie de huit à dix mètres. Au milieu du souterrain est une chapelle dédiée à la Vierge. C'est au-dessus de la grotte que se voit, avec les débris d'un aqueduc, ce que l'on nomme faussement le *tombeau de Virgile*.

La figure 24 représente le mont Tafonato, l'un des plus élevés de la Corse.

Formé de beau porphyre rouge, le *mont Tafonato* (mont troué) a 2315 mètres de hauteur ; il sert de contre-fort au mont *Paglia-Orba*, qui a 2630 mètres. Près de son sommet est une ouverture qui a plusieurs mètres de largeur et de hauteur. Lorsque le soleil a déjà disparu derrière les montagnes environ-



Fig. 25. Arche naturelle de granit dans la vallée de Bascan (Asie centrale).

nantes, on voit tout à coup ses rayons percer à travers cette ouverture.

Nous ne saurions dire exactement la cause de cette singulière perforation du porphyre au sommet du mont *Tafonato*. Dans son *Histoire illustrée de la Corse*, en cours de publication, M. l'abbé Galetti ne nous donne qu'une légende pour toute ex-



plication de ce phénomène géologique. En général, on ne saurait rien imaginer de plus plat et de plus nul qu'une légende. Dans tous les pays du monde, les légendes sont toujours et invariablement la même histoire : ce qui doit introduire une étrange monotonie dans les ouvrages où l'on s'est proposé de réunir la collection de ces récits populaires. Le diable en est le



Fig. 26. Rochers de l'île Thoulou (golfe de Sam).

personnage obligé : le diable a bâti un pont remarquable par sa hardiesse; le diable a élevé un rocher pesant au sommet d'une colline, etc., etc. L'abbé Galetti nous raconte que le trou du mont Tafonato a été creusé d'un coup de marteau par le démon, dans un moment de mauvaise humeur contre saint Martin. Le pire de la légende en cas pareil, c'est qu'elle fait négli-

ger l'explication scientifique. M. l'abbé Galetti croit nous avoir contenté avec sa vieille histoire du diable et de saint Martin; M. l'abbé Galetti a tort : un peu de géologie n'aurait rien gâté.

Le *Torghat*, en Norvège, est percé d'une ouverture de 50 mètres de haut sur 1 kilomètre de long; à certaines époques de l'année on voit le soleil à travers cette ouverture.

Un beau spécimen de montagne percée à jour est représenté dans la figure 25. C'est une énorme masse granitique modelée assez régulièrement en arche naturelle, dans la vallée de Bascan, au milieu des monts Alatau, sur les frontières de la Sibérie et de la Mongolie chinoise. Atkinson, dans le deuxième volume de son *Voyage en Sibérie*, en a donné la figure que nous reproduisons ici.

Près des rivages de la Nouvelle-Zélande se trouve une série de rochers disposés en arches sous lesquels les flots passent aux heures des marées. Le capitaine Cook nous a laissé les vues de ces curieuses montagnes percées à jour, de ces rochers aux formes bizarres, qui se rencontrent dans les mers de la Nouvelle-Zélande<sup>1</sup>.

Nous représentons dans la figure 26 un beau spécimen du même genre : ce sont des rochers qui se dressent aux bords de l'île de Thoulou, dans le golfe de Siam, et sous lesquels peuvent passer les barques.

1. *Voyages du capitaine Cook*, tome III.



## II

Montagnes de l'Europe. — Tableau des montagnes les plus élevées de l'Europe. — Le Mont-Blanc. — Histoire des principales ascensions du Mont-Blanc. — Élévation générale du continent européen.

Étudions maintenant les montagnes dans les cinq parties du monde, en commençant par celles de l'Europe.

Sir John Herschel divise les montagnes de l'Europe en six groupes, ou systèmes principaux : le *système scandinave*, le *système britannique*, le *système ibérique*, celui des *Alpes*, le *système s'avo-hellénique* et le groupe *sarmatique* ou *plateau de Valdaï*<sup>1</sup>.

Le groupe *britannique* est peu important : ses pics les plus élevés sont le Ben-Nevis et le Ben-Wyvis en Écosse ; la chaîne des monts Grampians présente aussi quelques sommets remarquables.

Le groupe *scandinave* comprend les montagnes de la Norvège, formant des plateaux larges et élevés, qui sont fréquemment entrecoupés par des vallées profondes, d'un caractère hivernal et sauvage. A ce groupe appartiennent le Hardangar, le Langfield, le Dovrefield, les monts Kjœlen.

Le *système ibérique* embrasse les Pyrénées, dont quelques cimes atteignent de grandes hauteurs : le Malahite ou Néthou a 3405 mètres, le mont Perdu 3350, le Malore 3322, la Maladetta 3312. L'Espagne elle-même est un pays très-élevé ; sa hauteur moyenne est estimée à plus de 700 mètres. Le Mulhacen, au sud-est de Grenade, atteint 3555 mètres : c'est le faite de la Sierra Nevada, ou chaîne neigeuse, qui domine la côte méridionale de l'Espagne. Le détroit de Gibraltar la sépare du groupe parallèle de l'Atlas.

La hauteur moyenne de la crête des Pyrénées est de 2440 mètres, tandis que la ligne de faite des Alpes, qui offre des pics plus élancés, n'a que 2340 mètres ; c'est donc une chaîne plus

1. *Physical geography*, 1862, page 114.

massive, plus trapue, pour ainsi dire, que la chaîne des Alpes.

Le *système des Alpes* s'étend sur une grande partie de l'Europe centrale; c'est le plus vaste et le plus important de l'Europe. On doit y faire rentrer les montagnes de l'Auvergne et les Karpathes.

Nous représenterons dans le tableau placé en regard de cette page la hauteur des cimes les plus élevées des chaînes de montagnes de l'Europe. Voici les altitudes des montagnes figurées sur ce tableau :

## MONTAGNES DE L'EUROPE.

		Mètres.
Hékla.....	Volcan d'Islande.....	1690
Snéhaetta.....	Monts Dofrines (Norvège)....	2500
Langfield.....	Monts Thuliens (Norvège)....	2010
Ben-Nevis.....	Monts Grampians (Écosse)....	1330
Lowther.....	Monts Cheviots (Écosse)....	955
Plomb du Cantal.....	Monts d'Auvergne (France)....	1855
Puy-de-Dôme.....	Monts d'Auvergne (France)....	1470
Mont-Dore.....	Monts d'Auvergne (France)....	1900
Ballon de Guebwiller.....	Vosges (France).....	1430
Le Reculet.....	Jura (Suisse).....	1715
La Dôle.....	Jura (France).....	1680
Pic-du-Midi (de Bigorre)....	Pyrénées (France).....	2875
Mon'-Blanc.....	Alpes françaises (France)....	4810
Mont-Rose.....	Alpes (Italie).....	4630
Mont-Cervin.....	Alpes (Italie).....	4505
Finsterarhorn.....	Alpes helvétiques (Suisse)....	4360
Yungfrau.....	Alpes helvétiques (Suisse)....	4180
Ortler.....	Alpes rhétiques (Tyrol)....	3920
Gros-Glockner.....	Alpes noriques.....	3900
Marmolata.....	Alpes carniques.....	3510
Paglia Orba.....	Ile de Corse.....	2630
Ruska Poyana.....	Karpathes.....	3025
Schneeckoppe.....	Riesengebirge.....	1645
Monts Estrella.....	(Portugal).....	2300
Malahite.....	Pyrénées (Espagne).....	3405
Mont Perdu.....	Pyrénées (Espagne).....	3350
Maladetta.....	Pyrénées (Espagne).....	3318
Mulhacén.....	Sierra Nevada (Espagne)....	3555
Tchardagh.....	Balkan (Turquie).....	3200
Olympe.....	Balkan (Turquie).....	1950
Monte Corno.....	Apennins (Italie).....	2900
Etna.....	Volcan de Sicile.....	3315
Vésuve.....	Volcan de Naples.....	1190

Nous ne saurions évidemment parler avec détails des di-





verses montagnes dont les noms se trouvent inscrits dans le tableau qui précède. Nous bornerons nos récits et nos descriptions à la cime la plus élevée des montagnes de l'Europe, c'est-à-dire au colosse qui, sous le nom de Mont-Blanc, domine l'Europe entière. Abordons, en conséquence, les récits des tentatives diverses qui ont été faites à différentes époques pour gravir cette cime immense, qui fut considérée jusqu'à la fin du dernier siècle comme tout à fait inaccessible à l'homme. La figure 27 représente le panorama de la chaîne du Mont-Blanc, pris de la montagne du Buet, qui en est distante de plusieurs lieues.

La hauteur du Mont-Blanc est de 4810 mètres au-dessus du niveau de la mer. Avant le célèbre Horace Bénédicte de Saussure, personne n'avait conçu l'idée audacieuse de gravir sa cime escarpée. On ignorait même si la raréfaction de l'air sur de si hauts sommets ne serait pas un obstacle à la vie de l'homme. Saussure n'avait pas vingt ans lorsqu'il songea à attaquer le géant des Alpes. Dans la première course qu'il fit à Chamonix, en 1760, le jeune naturaliste fit publier dans toutes les paroisses de la vallée qu'il donnerait une récompense assez considérable aux guides qui trouveraient une route praticable pour atteindre au Mont-Blanc. Il avait même promis de payer les journées de ceux qui feraient des tentatives infructueuses. Mais ces offres n'amènèrent aucun résultat.

Ce ne fut que quinze ans après, en 1775, que quatre guides de Chamonix tentèrent de parvenir au Mont-Blanc par la montagne de la Côte qui se dresse au-dessus du village des Bossons. Cette montagne, située entre les glaciers des Bossons et de Tacconay, aboutit à des glaces et à des neiges qui continuent sans interruption jusqu'à la cime du Mont-Blanc. Après avoir franchi les obstacles que leur opposait la marche sur ces glaciers, entrecoupés sans cesse d'immenses crevasses, les quatre guides entrèrent dans une grande vallée de neige, qui semblait devoir aboutir directement au Mont-Blanc. Le temps était des plus favorables; on ne rencontrait ni des pentes trop escarpées, ni des crevasses trop larges, et tout semblait promettre le succès. Mais la raréfaction de l'air et la réverbération du soleil sur cette éblouissante surface les fatiguaient au



dernier point. Succombant à l'inanition et à la fatigue, ils se virent forcés de redescendre, sans avoir eu à reculer devant aucun obstacle matériel.

Sept ans après, en 1783, trois autres guides de Chamonix, Jean-Marie Coutet, Jorasse et Joseph Carrier, firent la même tentative, en suivant le même chemin. Seulement ils eurent la précaution de passer la nuit sur la montagne de la Côte, et de ne s'engager que le lendemain matin dans le glacier qui lui fait suite.

Après l'avoir traversé, ils suivirent la vallée de neiges qui monte jusqu'au Mont-Blanc. Ils étaient déjà assez élevés, et continuaient de marcher avec confiance, lorsque le plus hardi et le plus courageux d'entre eux fut saisi subitement d'une insurmontable envie de dormir. Il exigeait que ses camarades continuassent seuls leur ascension; mais ces derniers ne voulurent point consentir à l'abandonner ainsi et à le laisser, comme il le voulait, dormir sur la neige. Renonçant à leur entreprise, ils redescendirent ensemble à Chamonix.

Il est certain que, même sans l'accident de ce sommeil inopiné qui les força de s'arrêter, ces trois hommes n'auraient jamais pu atteindre le but de leur expédition aventureuse. Ils avaient encore beaucoup de chemin à faire pour arriver au Mont-Blanc, et la chaleur les fatiguait à l'excès. En outre, ils étaient sans appétit, le vin et les vivres qu'ils portaient n'avaient pour eux aucun attrait. Aussi Jorasse disait-il sérieusement que s'il devait recommencer cette entreprise, il ne se chargerait d'aucuns vivres, et ne prendrait qu'un parasol et un flacon d'eau de senteur. Quand on se représente un robuste montagnard gravissant les pentes des Alpes en tenant d'une main une ombrelle, et de l'autre un flacon d'eau de Cologne, on se fait, par cette singulière image, une idée suffisante des difficultés anormales et des conditions insolites qui se rattachent à cette ascension.

Malgré l'insuccès de ces hardis montagnards, un naturaliste à qui l'on doit d'excellentes descriptions des Alpes, Pierre Bourrit, *chantre* de la cathédrale de Genève, voulut tenter la même route avant la fin de la saison. Il alla coucher au haut de la montagne de la Côte; mais au moment où il s'engageait dans le glacier des Bossons, un orage qui éclata inopinément l'obligea de rebrousser chemin.



Fig. 27. Le Mont-Blanc vu du Buet, d'après une photographie de MM. Bisson freres.  
1 Mont-Blanc, 4810 mètres. — 2. Dôme du Goutier, 4324 mètres. — Aiguille du Goutier, 4719 mètres. — 4. Glacier des Bossolts.  
5. Glacier de Tacconay. — 6. Aiguille du Midi, 3916 mètres. — 7. Chaîne du Brévent et des Aiguilles-Rouges.



Cependant Bourrit n'était pas homme à abandonner si vite la partie. D'après l'impossibilité bien reconnue d'atteindre le but par cette route, il fit prendre des informations dans toute la vallée de Chamonix, et il apprit que, du côté du glacier de Bionnassay, deux chasseurs, lancés à la poursuite de chamois, étaient parvenus, en suivant toujours l'arête de rochers, à une telle hauteur, qu'ils avaient presque atteint le Mont-Blanc.

En possession de ce renseignement, Bourrit court au village de la Grue, habité par ces chasseurs, et les engage à faire aussitôt avec lui l'essai de la même route. Il partit le soir même, en compagnie de ces deux hommes. Le lendemain, au lever du jour, ils étaient arrivés à la base du rocher que les chasseurs avaient gravi à la poursuite des chamois, et qui ouvrait la route du Mont-Blanc. Mais la matinée était très-froide, et Bourrit, que cette marche nocturne avait excédé de fatigue, n'eut pas la force de suivre ses guides. L'un d'eux resta avec lui; les deux autres montèrent au haut de ces rochers et poussèrent fort avant dans les neiges. Ils se vantèrent d'être arrivés ainsi bien près du Mont-Blanc.

Cette tentative rendait probable un succès complet. Bourrit se prépara donc à renouveler la même entreprise et de Saussure s'y disposa de son côté. Malheureusement l'été de 1785 fut froid et pluvieux; aussi ne purent-ils songer, avant le mois de septembre, à réaliser ce projet.

Horace de Saussure et Bourrit, ce dernier accompagné de son fils, s'étaient donné rendez-vous pour le 12 septembre au village de Bionnassay, qui est situé à quatre lieues de Chamonix. Bourrit avait eu l'heureuse idée d'envoyer à l'avance trois hommes de Chamonix, pour construire dans un abri de rochers, au pied de l'aiguille du Gouter, une espèce de cabane en pierres sèches, pour y coucher et s'y mettre à l'abri en cas d'orage. Le but de la première journée était donc seulement d'atteindre jusqu'à la hauteur où se trouvait cette cabane.

Le 12 septembre 1785, à huit heures du matin, Bourrit et de Saussure, accompagnés de quinze montagnards chargés de vivres, fourrures et couvertures, instruments de physique, paille, bois à brûler, etc., commencèrent de marcher à la conquête du Mont-Blanc.



On suivit d'abord une pente douce qui côtoie un ravin au fond duquel coule le torrent qui sort du glacier de Bionnassay. Une montée rapide les conduisit ensuite au bas de ce glacier. Ils le côtoyèrent quelque temps et finirent par s'en éloigner, en tirant au nord-est par une montée assez rude. Cette montée aboutit au lieu nommé *Pierre-Ronde*, qui est situé à 1444 mètres au-dessus de Chamonix. C'était là qu'avait été construite la cabane destinée à abriter les voyageurs. Ils y parvinrent à une heure et demie de l'après-midi.

Placée au pied de l'aiguille du Gôûter, cette station était la plus heureusement choisie pour un lieu aussi sauvage. La cabane était appliquée au fond d'un angle de rochers, à vingt pas au-dessus d'un petit glacier d'où sortait une eau limpide, propre à servir à tous les besoins des voyageurs. Haute de quatre pieds sur sept à huit de longueur et de largeur, cette cabane n'avait que trois murs : le rocher contre lequel elle était adossée tenait lieu du quatrième. Ces murs grossiers étaient composés de pierres plates posées sans ciment les unes sur les autres. Des pierres toutes semblables, soutenues par quatre tiges de sapin, formaient le toit de ce grossier abri. Il n'y avait point de porte, mais une simple ouverture de trois pieds carrés, de sorte qu'on n'y entraît qu'en se courbant. Un parasol ouvert, appliqué contre cette ouverture, remplaçait la porte. Les lits se composaient de deux paillassons munis de couvertures de laine.

C'est par l'aiguille du Gôûter que l'on devait atteindre au Mont-Blanc. On profita de ce qui restait de jour pour charger deux guides d'escalader la montagne, d'y choisir la route la plus facile, et de marquer des pas dans les neiges dures.

Quelques blocs de rochers dominaient d'une quarantaine de pieds la cabane de nos voyageurs. Ils se hâtèrent d'y monter, pour jouir d'un des plus beaux spectacles que l'on puisse admirer dans les Alpes. Ces rochers sont taillés à pic du côté de la vallée de Chamonix, dont ils dominent l'extrémité méridionale de près de 1800 mètres. L'œil embrasse cette partie de la vallée bordée par les aiguilles de la chaîne du Mont-Blanc, qui semblent l'enfermer dans une sorte de cirque, et qui étalent autour d'elle comme une forêt de pyramides de granit. La vue s'étend de ce côté jusqu'à la *Gemmi*. Un énorme entassement



de montagnes impossible à dénombrer se découvre du haut de cet incomparable observatoire.

De Saussure passa une excellente nuit à l'abri de sa hutte rustique. Lorsque l'on enlevait le parasol placé devant l'ouverture, il voyait de son lit les neiges, les glaciers et les pics situés au-dessous de la cabane. Éclairé par la lune, cet amphithéâtre de neiges offrait le plus étrange aspect.

Les guides passèrent la nuit, les uns blottis dans des trous de rocher, les autres enveloppés dans des manteaux ou des couvertures ; quelques-uns veillèrent auprès d'un feu parcimonieusement entretenu avec le bois apporté de Chamonix.

On se mit en route le lendemain, à six heures du matin, après avoir réparti également entre les guides les charges de vivres, d'habillements et d'instruments. Le site de *Pierre-Ronde* se trouvant à 2770 mètres au-dessus du niveau de la mer, il restait environ 2000 mètres à gravir pour arriver au Mont-Blanc. La plus grande partie du trajet devait se faire sur l'aiguille du Goûter, et le reste sur les neiges.

Nos voyageurs franchirent en vingt minutes un glacier qui les séparait de la base du Goûter. Il fallait monter sur une arête assez rapide, et dont les rocs, brisés ou désunis par l'action de l'atmosphère, n'offraient pas une route facile. Mais la température n'était pas trop basse, elle n'atteignait pas le zéro du thermomètre, et en une heure on eut franchi cette arête. Arrivé à une certaine hauteur, on découvrit le lac de Genève, qui ne s'aperçoit que des points les plus élevés des bases du Mont-Blanc.

Un glacier forme le plateau qui s'étend au pied de l'aiguille du Goûter. Il était sept heures du soir quand on arriva à ce plateau. Ce glacier aboutit à un couloir de neige qu'il fallut traverser, non sans de grands dangers, parce qu'il domine un précipice effroyable. Pour le franchir, chacun se plaça entre deux guides qui tenaient les deux extrémités de leur long bâton : telle est la manière de franchir les passages dangereux des Alpes. Le bâton tenu par les guides forme du côté du précipice une espèce de barrière sur laquelle on s'appuie ; cette barrière, qui s'avance avec le voyageur, affermit sa marche et le rassure contre le danger.

Après avoir traversé le couloir de neiges, on attaqua l'arête de l'aiguille du Goûter. Mais ici la marche commença à devenir

très-pénible. La montée était incomparablement plus rapide que celle qui avait conduit à la base de l'aiguille. Les rochers, désunis par l'action de l'air, s'éboulaient sous les pieds, ou restaient à la main quand on voulait s'y accrocher en grim pant. Souvent, ne sachant où se retenir, le voyageur était forcé de saisir le bas de la jambe du guide qui le précédait. Des neiges récemment tombées remplissaient le creux ou les interstices des rochers. Souvent le milieu de l'arête était inaccessible, et il fallait traverser les dangereux couloirs dont elle était bordée. Tous ces obstacles augmentaient à mesure que l'on s'approchait de la cime de l'aiguille.

Après cinq heures de cette pénible ascension, la pente devenait continuellement plus rapide, et la quantité de neiges nouvelles augmentait à chaque pas. Un des guides, Pierre Balmat, proposa alors de s'avancer seul, afin de reconnaître la route.

Balmat ne revint qu'au bout d'une heure. Il annonça que la neige nouvelle était si grande dans les parties supérieures, qu'on ne pourrait atteindre le haut sans les plus grands dangers, et que la cime de la montagne était couverte de deux pieds de neige dans laquelle on ne pouvait avancer. Ses guêtres étaient, en effet, couvertes de neige jusqu'au-dessus du genou.

Quelque regret que dût inspirer l'abandon d'une entreprise si heureusement commencée, de Saussure et Bourrit prirent le parti de ne pas aller plus loin. Au lieu où l'on s'était arrêté, l'observation du baromètre fixait l'élévation à 3717 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Cependant les guides pressaient le départ. La chaleur du soleil avait fait fondre les neiges et rendu la descente dangereuse. En marchant avec prudence et en se faisant soutenir par les guides, on revint sans accident au plateau de la base de l'aiguille du Gôûter, et on redescendit de là à la cabane.

Ce qui avait fait échouer cette entreprise, c'était l'époque trop avancée de la saison. Horace de Saussure résolut de répéter la même tentative l'année suivante, mais à une époque qui rendrait moins à redouter et moins probable l'obstacle des neiges nouvelles. En conséquence, et pour alléger le plus possible la fatigue de la dernière journée, il chargea son guide favori, Pierre Balmat, de lui construire une nouvelle cabane

bien au-dessus de *Pierre-Ronde*, c'est-à-dire au pied de quelque une des arêtes de l'aiguille du Goûter. Il lui recommanda en même temps de faire quelques courses du côté de cette partie de la montagne, pour choisir la meilleure route à suivre.

Pierre Balmat s'adjoignit deux autres guides, et le 6 juillet 1786 ils allèrent coucher dans la cabane de *Pierre-Ronde*. Ils en partirent à la pointe du jour, et, prenant le même chemin qu'avait suivi de Saussure, ils parvinrent jusqu'à l'aiguille et enfin jusqu'au dôme du Goûter, mais non sans avoir été tous malades par suite de la raréfaction de l'air.

Pendant que Pierre Balmat et ses amis gravissaient l'aiguille du Goûter par la pente de *Pierre-Ronde*, trois autres guides de Chamonix s'y rendaient de leur côté, mais par une autre route, c'est-à-dire par la montagne de la Côte. Comme on croyait alors que le dôme du Goûter était la seule voie par laquelle on pourrait parvenir au Mont-Blanc, quelques guides de Chamonix s'étaient partagés en deux groupes, pour essayer comparative-ment les deux routes qui conduisaient au dôme du Goûter. François Paccard, Michel Cachat, dit *le Géant*, et Joseph Carrier composaient ce dernier groupe. Ils furent rejoints par un autre guide, Jacques Balmat, qui depuis plusieurs années cherchait, de son côté, la route du Mont-Blanc, et à qui était réservée la gloire d'y parvenir le premier.

Les deux groupes de guides s'étant réunis, traversèrent une grande plaine de neige et gagnèrent la longue arête qui joint le dôme du Goûter au Mont-Blanc. Mais cette arête, qui court entre deux précipices de 2000 mètres, est si étroite et d'une pente si rapide, qu'il était absolument impossible d'atteindre par là le Mont-Blanc. C'est ce que nos guides reconnurent avec chagrin. Seul Jacques Balmat voulut pousser plus loin l'aventure. Il se hasarda sur l'étroite arête du dôme du Goûter, et fut obligé, pour pouvoir avancer, de se placer à califourchon sur l'espèce de dos d'âne que forme cet effroyable escarpement. Ses compagnons, effrayés de tant de témérité, le quittèrent et descendirent à Chamonix.

Jacques Balmat, après de vains efforts, fut contraint de renoncer à une tentative impossible. Il revint à reculons, et toujours à cheval sur l'arête. Mais au retour il ne trouva plus ses compagnons, qui d'ailleurs, mécontents de lui parce qu'il les

avait suivis sans leur agrément, l'avaient laissé seul. Piqué de cet abandon, Jacques Balmat prit la résolution de rester dans ces déserts de glace tout le temps nécessaire pour chercher et découvrir la véritable route qui devait conduire au Mont-Blanc.

Au lieu de revenir à Chamonix, il descendit au grand plateau et résolut d'y passer la nuit.

Le grand plateau du Mont-Blanc est un plan peu incliné, de deux hectares environ, situé à 3000 mètres au-dessus du niveau de la mer, balayé par de continuelles avalanches et ouvert aux vents les plus froids, car il est entouré de tous côtés par des montagnes de neige, où l'on ne trouve ni un rocher ni une pierre pour s'asseoir ou s'abriter. Le thermomètre y marque toujours zéro au soleil pendant l'été. C'est dans cet affreux désert que Jacques Balmat, sans couverture, n'ayant que son sac et son bâton, passa la nuit, blotti sous un rocher, et mal abrité contre une neige fine et glacée qui ne cessa pas de tomber.

Au lever du jour, il poussa des reconnaissances dans la montagne. C'est ainsi qu'il reconnut la véritable direction à suivre pour parvenir au Mont-Blanc, et qui consistait à s'engager dans la vallée de neige qui s'étend à partir du lieu nommé aujourd'hui les *Grands-Mulets*, et à monter de là, par une pente médiocre, jusqu'au Mont-Blanc. Le mauvais temps, la neige, le froid et le manque de vivres empêchèrent Jacques Balmat de parvenir jusqu'au Mont-Blanc : mais, en redescendant dans la vallée, il connaissait avec certitude la direction qu'il fallait suivre pour arriver à sa cime.

De retour chez lui, Jacques Balmat dormit pendant quarante-huit heures sans désemparer.

La continuelle réverbération du soleil sur les neiges avait tellement fatigué sa vue, qu'il souffrait cruellement des yeux. Le médecin Paccard, qui résidait dans la vallée de Chamonix, le guérit de cette ophthalmie. C'est sans doute en reconnaissance des soins qu'il avait reçus du docteur Paccard que Jacques Balmat lui révéla sa découverte, et lui proposa de partager avec lui la gloire de faire la première ascension du Mont-Blanc. Le docteur Paccard accepta cette offre avec joie.

Le 8 août 1786, Jacques Balmat et le docteur Paccard commencèrent cette expédition étonnante. Ils n'avaient voulu



mettre que deux personnes dans la confiance de ce projet avant son exécution. Aussi firent-ils seuls cette route si longue, hérissée de tant de périls, et que l'on n'entreprend aujourd'hui que par caravanes nombreuses. Ils ne portaient avec eux ni tente ni abris; leurs bagages se réduisaient à deux couvertures de laine, pour s'y rouler pendant la nuit sous quelque rocher. On a peine à comprendre comment ces deux hommes, réduits à leurs propres forces, au milieu de ces lieux désolés, dans ces déserts de glace, qu'aucun être humain n'avait encore visités, purent, malgré les précipices et les neiges, malgré le froid et la raréfaction de l'air, atteindre le but qu'ils s'étaient proposé. Le fait est qu'après avoir couché, enveloppés dans leurs couvertures, sous un rocher au plateau des *Grands-Mulets*, ils s'élevèrent le lendemain jusqu'au Mont-Blanc.

Les habitants de Chamonix, réunis sur la place et munis de lunettes, les aperçurent tous les deux au sommet du Mont-Blanc, c'est-à-dire de la montagne la plus élevée de l'Europe, point qui avait été considéré jusque-là comme absolument inaccessible à l'homme.

Jacques Balmat et Paccard restèrent une demi-heure sur l'arête en forme de fer à cheval qui forme le sommet du Mont-Blanc.

Seulement, par suite de la continuelle réverbération du soleil sur les neiges, Paccard, revenu dans la vallée, était à peu près aveugle. Quant à Jacques Balmat, outre une extrême fatigue des yeux, il avait les lèvres injectées de sang et la figure tuméfiée.

« C'est singulier! disait le lendemain Paccard à son compagnon, j'entends chanter les oiseaux, et il ne fait pas jour.

— C'est que vous n'y voyez pas, répondit Balmat; le soleil est levé, mais le gonflement de vos yeux vous rend aveugle momentanément. »

En effet cet accident n'eut aucune suite. Le docteur Paccard est mort en 1830, à l'âge de 79 ans. Il était né à Chamonix en 1757. Une gravure publiée à Bâle en 1790 représente son ascension avec Jacques Balmat. On a gravé son portrait, accompagné de cette épigraphe latine :

*Scandit in celsos brumali sidere montes.*

Le récit de son voyage a été consigné par lui dans une notice



ayant pour titre *Premier voyage fait à la cime de la plus haute montagne du continent*, par le docteur Paccard, membre de l'Académie de Turin (in-8, 1786).

Quant à Jacques Balmat, il périt misérablement, en 1834, au fond d'un précipice. Ayant cru, sur de vagues renseignements, qu'il existait un filon aurifère sur le flanc de l'une des hautes cimes qui barrent la vallée de Sixt au nord-est, il courut à sa



Fig. 28. Rocher des Grands-Mulets, d'après une photographie de Tairraz.

recherche Mais le lieu désigné était inabordable : il fallait s'avancer sur une étroite corniche, au-dessous de laquelle s'ouvre un précipice de 120 mètres de profondeur. Cette vue le glaça d'effroi. Mais quelque temps après, accompagné d'un chasseur de chamois, aussi intrépide, aussi téméraire que lui, il revint à la charge<sup>1</sup>. Il s'aventura sur l'étroite corniche, fit

1. *Notice biographique sur Jacques Balmat, dit Mont-Blanc*, par Michel Carlier. Genève, 1854, brochure in-8.

quelques pas, et disparut dans l'abîme. Son corps n'a jamais été retrouvé.

A peine rétabli de ses fatigues, c'est-à-dire quatre jours après sa belle ascension, Jacques Balmat se rendit à Genève, pour annoncer à Horace de Saussure le résultat de son expédition. De Saussure, qui en était déjà informé, voulut, sans autre retard, faire la même ascension avec le courageux Balmat.



Fig. 29. Cabane des Grands-Mulets, d'après une photographie de Tairraz.

Le 20 août 1786, Jacques Balmat tenta de refaire avec de Saussure ce grand et solennel voyage qu'il venait d'accomplir avec le docteur Paccard. Ils passèrent la nuit dans une grotte au-dessus du glacier de Tacconay. Mais il survint une pluie si violente accompagnée de tant de neige et de grêle sur les hauteurs, qu'ils furent obligés de renoncer à leur entreprise, et de la remettre à l'année suivante.

Ce fut le 1<sup>er</sup> août 1787 que de Saussure, accompagné de dix-

huit guides et d'un domestique, accomplit la première ascension du Mont-Blanc exécutée dans un but scientifique. La première journée fut employée à atteindre la montagne de la Côte, et l'on passa la nuit à la cime de cette montagne. De Saussure coucha sous une tente, avec son domestique et deux guides, dans l'endroit même où Jacques Balmat et le docteur Paccard avaient passé la première nuit de leur expédition. C'est le lieu qui porte aujourd'hui le nom de *Grands-Mulets*, et qui sert de station nocturne aux voyageurs qui s'élèvent au Mont-Blanc.



Fig. 30. Caravane gravissant le dôme du Gôûter, d'après une photographie de Tairraz.

Les autres guides s'arrangèrent entre des blocs de granit, pour s'y mettre à l'abri du froid.

La figure 28 représente le rocher des *Grands-Mulets* avec la cabane que l'on y a construite de nos jours, et qui sert d'hôtellerie nocturne aux excursionnistes en route pour le Mont-Blanc; la figure 29 représente la cabane seule.

La difficulté ne commençait qu'à la seconde journée, car, à partir des *Grands-Mulets*, on ne marche plus que sur des glaces ou des neiges.





Fig. 31. Grande crevasse de la base du Mont-Blanc, d'après une photographie de M. Bisson.





Dans cette seconde journée, on commença par traverser le glacier de la Côte. Ce glacier est très-dangereux à franchir. Il est entrecoupé de crevasses profondes et irrégulières, souvent très-larges, et qu'on ne peut traverser que sur des ponts formés de neige durcie suspendus sur l'abîme.

Nous laisserons maintenant Horace de Saussure raconter la suite de cette célèbre ascension, et nous en faire connaître les particularités diverses, tant au point de vue des observations scientifiques, que sous le rapport des impressions physiques qu'il ressentit dans cet air de plus en plus raréfié par l'élévation.

« Le lendemain 2 août, dit Horace de Saussure, malgré le grand intérêt que nous avons tous à partir de bon matin, il s'éleva tant de difficultés entre les guides sur la répartition et l'arrangement de leurs charges, que nous ne fûmes en pleine marche qu'à six heures et demie. Chacun redoutait de se charger, moins encore par la crainte de la fatigue que dans celle d'enfoncer la neige par son poids, et de tomber ainsi dans une crevasse.

« Nous entrâmes sur le glacier, vis-à-vis des blocs de granit à l'abri desquels nous avons dormi (fig. 30) : l'entrée en est très-facile ; mais bientôt après l'on s'engage dans un labyrinthe de rochers de glace séparés par des crevasses, ici entièrement couvertes, là comblées en tout ou en partie par des neiges qui souvent forment des espèces d'arches évidées par-dessous, et qui cependant sont quelquefois les seules ressources que l'on ait pour traverser ces crevasses ; ailleurs, c'est une arête tranchante de glace qui sert de pont pour les traverser. Dans quelques endroits où les crevasses sont absolument vides, on est réduit à descendre jusqu'au fond, et à remonter ensuite le mur opposé par des escaliers taillés avec la hache dans la glace vive. Mais nulle part on n'atteint ni on ne voit même le roc ; le fond est toujours neige ou glace, et il y a des moments où, après être descendu dans ces abîmes entourés de murs de glace presque verticaux, on ne peut pas se figurer par où l'on en sortira (fig. 31). Cependant, tant qu'on marche sur la glace vive, quelque étroites que soient les arêtes, quelque rapides que soient les pentes, ces intrépides Chamouniards, dont la tête et le pied sont également fermes, ne paraissent ni effrayés ni inquiets ; ils causent, rient, se défient les uns les autres ; mais quand on passe sur les voûtes minces suspendues au dessus des abîmes, on les voit marcher dans le plus profond silence, les trois premiers liés ensemble par des cordes à cinq ou six pieds de distance l'un de l'autre, les autres se tenant deux à deux par leurs bâtons, les yeux fixés sur leurs pieds, chacun s'efforçant de poser exactement et légèrement le pied dans la trace de celui qui le précède. Lorsque, après avoir franchi quelqu'une de ces neiges suspectes, la caravane se retrouvait sur un rocher de glace vive, l'expression de la joie et de la sérénité éclaircissait toutes les physionomies ; le babil et les jactances recommençaient ; puis on tenait conseil sur la route qu'il fallait suivre, et rassuré

par le succès, on s'exposait avec plus de confiance à de nouveaux dangers. Nous mîmes ainsi près de trois heures à traverser ce redoutable glacier, quoiqu'il ait à peine un quart de lieue de largeur. Dès lors nous ne marchâmes plus que sur des neiges, souvent très-difficiles par la rapidité de leurs pentes, et quelquefois dangereuses lorsque ces pentes aboutissent à des précipices, mais où du moins l'on ne craint d'autre danger que celui que l'on voit, et où l'on ne risque pas d'être englouti sans que la force et l'adresse puissent être d'aucun secours. »

Pour ne pas trop étendre ce récit, nous supprimerons les détails que de Saussure donne des circonstances diverses que présenta l'ascension, et nous arriverons tout de suite au terme du voyage. Dans la seconde journée, on avait atteint le Mont-Blanc au prix de mille dangers.

« Mes premiers regards, dit de Saussure, furent sur Chamouni, où je savais ma femme et ses deux sœurs, l'œil fixé au télescope, suivant tous mes pas avec une inquiétude trop grande sans doute, mais qui n'en était pas moins cruelle; et j'éprouvai un sentiment bien doux et bien consolant lorsque je vis flotter l'étendard qu'elles m'avaient promis d'arborer au moment où, me voyant parvenu à la cime, leurs craintes seraient au moins suspendues.

« Je pus alors jouir sans regret du grand spectacle que j'avais sous les yeux. Une légère vapeur, suspendue dans les régions inférieures de l'air, me dérobaît à la vérité la vue des objets les plus bas et les plus éloignés, tels que les plaines de la France et de la Lombardie; mais je ne regrettai pas beaucoup cette perte: ce que je venais voir, et ce que je vis avec la plus grande clarté, c'est l'ensemble de toutes les hautes cimes dont je désirais depuis si longtemps de connaître l'organisation. Je n'en croyais pas mes yeux; il me semblait que c'était un rêve, lorsque je voyais sous mes pieds ces cimes majestueuses, ces redoutables aiguilles, le Midi, l'Argentière, le Géant, dont les bases mêmes avaient été pour moi d'un accès si difficile et si dangereux. Je saisissais leurs rapports, leur liaison, leur structure, et un seul regard levait des doutes que des années de travail n'avaient pu éclaircir.

« Pendant ce temps-là, mes guides tendaient ma tente et y dressaient la petite table sur laquelle je devais faire l'expérience de l'ébullition de l'eau. Mais quand il fallut me mettre à disposer mes instruments et à les observer, je me trouvai à chaque instant obligé d'interrompre mon travail, pour ne m'occuper que du soin de respirer. Si l'on considère que le baromètre n'était là qu'à 16 pouces 1 ligne, et qu'ainsi l'air n'avait guère plus de la moitié de sa densité ordinaire, on comprendra qu'il fallait suppléer à la densité par la fréquence des inspirations. Or, cette fréquence accélérât le mouvement du sang, d'autant plus que les artères n'étaient plus contrebandées au dehors par une pression égale à celle qu'elles éprouvent à l'ordinaire. Aussi avions-nous tous la fièvre, comme on le verra dans le détail des observations.

« Lorsque je demeurais parfaitement tranquille, je n'éprouvais qu'un

peu de malaise, une légère disposition au mal de cœur. Mais lorsque je prenais de la peine, ou que je fixais mon attention pendant quelques moments de suite, et surtout lorsqu'en me baissant je comprimais ma poitrine, il fallait me reposer et haleter pendant deux ou trois minutes. Mes guides éprouvaient des sensations analogues. Ils n'avaient aucun appétit ; et à la vérité nos vivres, qui étaient tous gelés en route, n'étaient pas bien propres à l'exciter ; ils ne se souciaient pas même du vin et de l'eau de-vie. En effet, ils avaient éprouvé que les liqueurs fortes augmentent cette indisposition, sans doute en accélérant encore la vitesse de la circulation. Il n'y avait que l'eau fraîche qui fit du bien et du plaisir ; il fallait du temps et de la peine pour allumer du feu, sans lequel nous ne pouvions point en avoir.

« Je restai cependant sur la cime jusqu'à trois heures et demie ; et quoique je ne perdisse pas un seul moment, je ne pus faire dans ces quatre heures et demie toutes les expériences que j'ai fréquemment achevées en moins de trois heures au bord de la mer. Je fis cependant avec soin celles qui étaient les plus essentielles. »

Nous allons résumer les observations scientifiques que de Saussure fit sur l'observatoire le plus élevé qui eût servi jusque-là aux expériences et aux investigations d'un savant.

De Saussure prit, par l'observation du baromètre, que son fils, de son côté, observait au même moment à Chamonix, la hauteur du Mont-Blanc. Il la trouva, après le calcul et les corrections, de 2450 toises : ce qui en faisait la montagne la plus élevée de l'Europe.

Le thermomètre marquait, à midi, à l'ombre — 1° et au soleil 2°.

Pour apprécier l'état d'humidité ou de sécheresse de l'air, de Saussure mit en expérience l'*hygromètre à cheveu*, instrument de son invention, qu'il plaçait au soleil, puis à l'ombre. A midi, l'hygromètre placé au soleil marquait 44 degrés, et à l'ombre 51 degrés : différence beaucoup plus grande qu'on ne l'observe communément dans la plaine, parce que la chaleur solaire augmente beaucoup plus l'évaporation dans un air raréfié que dans un air condensé. L'hygromètre observé au même instant à Chamonix et à Genève marquait, à midi, 75°,4 et 76°,7. En consultant les tables de l'hygromètre à cheveu, qui font remonter des degrés de cet instrument à l'état *hygrométrique* de l'air et aux quantités absolues de vapeur d'eau contenues dans un volume donné d'air, on trouve qu'à midi l'air, sur la cime du Mont-Blanc, contenait six fois moins d'humidité qu'à Genève. Cette extrême sécheresse de l'air était sans doute la

cause de la soif ardente que de Saussure et ses compagnons éprouvèrent pendant tout le temps de leur séjour sur ces hauteurs<sup>1</sup>.

L'électricité atmosphérique était très-faible : les boules de l'électromètre ne divergeaient que de trois millimètres, ce qui tenait sans doute à la sécheresse de l'air ; rendu peu conducteur par l'absence de la vapeur d'eau, l'air n'établissait guère de communication avec le fluide électrique contenu dans les régions supérieures.

Un des spectacles les plus curieux que nos voyageurs eurent à admirer sur le Mont-Blanc, ce fut l'extrême intensité de la couleur du ciel. Toutes les personnes qui ont gravi de hautes montagnes savent que le ciel y paraît souvent d'un bleu plus foncé que dans la plaine, ce qui tient à la grande pureté et à la transparence de l'air. Pour rapporter un échantillon précis de la couleur du ciel du Mont-Blanc, de Saussure avait eu la précaution de préparer d'avance une série de bandes de papier colorées de seize nuances graduelles, depuis le bleu le plus pâle jusqu'au bleu presque noir. A midi, sur le Mont-Blanc, le ciel paraissait de la seconde nuance, c'est-à-dire tout près du bleu le plus foncé ; les observateurs qui, au même moment, faisaient la même comparaison à Chamonix et à Genève, trouveraient que la couleur du ciel paraissait à Chamonix de la sixième nuance et de la septième à Genève.

L'eau de chaux, la potasse caustique, exposées à l'air, mirent hors de doute la présence de l'acide carbonique dans l'atmosphère du Mont-Blanc. Cette expérience, qui serait aujourd'hui de peu d'importance, avait pour but de vérifier une conjecture qui venait d'être hasardée par Lavoisier. L'illustre chimiste avait pensé que les régions supérieures de l'atmosphère pourraient contenir des gaz à nous inconnus et que leur légèreté spécifique maintiendrait à ces hauteurs.

Une des expériences les plus intéressantes à faire, comme vérification d'une théorie importante de la physique, c'était la détermination du degré d'ébullition de l'eau sur ces hauteurs excessives. Le physicien de Luc avait autrefois gravi, non sans

1. Notons toutefois que cette remarque souffre des exceptions ; car M. Boussingault a trouvé l'air du sommet du Chimborazo plus humide que l'air de la plaine.



de grandes difficultés, la montagne du Buet, dans le seul but d'y faire cette expérience, qui depuis cette époque n'avait jamais été tentée à une plus grande élévation. Le Mont-Blanc étant d'une hauteur double de celle du Buet, cette expérience présentait un grand intérêt.

De Luc avait éprouvé de grandes difficultés pour faire brûler du charbon sur le Buet, à cause de la grande raréfaction de l'air. Pour écarter cet obstacle, de Saussure avait fait construire une lampe à esprit-de-vin munie d'une mèche à double courant d'air et d'une cheminée de tôle, selon l'invention d'Argand, alors toute récente. L'esprit-de-vin brûla très-bien. Il fallut toutefois une demi-heure pour faire bouillir l'eau, tandis que dans le même appareil l'ébullition de l'eau au bord de la mer ne demandait que 12 ou 13 minutes. La chaleur de l'eau bouillante sur le Mont-Blanc n'était que de 85 degrés centigrades.

On avait eu la précaution de se munir de charbon, pour le cas où la lampe aurait mal fonctionné. On n'eut pas à s'en servir pour l'expérience de l'ébullition de l'eau ; mais on en fit continuellement usage pour faire fondre la neige et obtenir de l'eau potable, rendue à chaque instant nécessaire par l'extrême altération de tous les voyageurs. Il fallait continuellement animer, au moyen du soufflet, le charbon, qui sans cela s'éteignait à l'instant.

La déclinaison de l'aiguille aimantée ne présenta aucune circonstance particulière. On peut en dire autant des observations auxquelles de Saussure se livra sur l'épaisseur de la calotte de neige qui recouvre le Mont-Blanc et sur la disposition des couches de neige le long des flancs du reste de la montagne.

On n'aperçut aucun animal près de la cime glacée du géant des Alpes. Deux papillons qui traversaient la dernière pente du Mont-Blanc, à environ 100 mètres au-dessous de la cime, furent les seuls êtres vivants que nos explorateurs rencontrèrent dans ces lieux déserts. Il est probable qu'un coup de vent venu de la plaine les avait poussés jusqu'à cette hauteur.

Le peu d'intensité du son sur les hautes montagnes s'explique aisément par la raréfaction de l'air ; cette raréfaction, diminuant la masse de l'air, diminue nécessairement l'intensité de ses vibrations. Sur une cime isolée, l'absence des échos est



encore une cause qui réduit la force du son. La voix paraissait donc fort affaiblie sur le Mont-Blanc : un coup de pistolet n'y faisait pas plus de bruit qu'un pétard.

Mais de tous les effets de la faible densité de l'air, le plus manifeste, c'était l'extrême accélération des mouvements respiratoires chez l'homme. Sur le Mont-Blanc, où la colonne barométrique subit une dépression de près de moitié, et où les poumons reçoivent par conséquent à chaque inspiration une quantité d'oxygène moitié moindre que dans la plaine, il faut nécessairement que les inspirations soient deux fois plus nombreuses, pour que la sanguification se maintienne dans ses conditions normales et physiologiques. La nécessité de ces inspirations continuellement répétées nous explique les angoisses et la fatigue que l'on ressent à ces grandes hauteurs. Mais en même temps que la respiration s'accélère, la circulation du sang est activée dans la même proportion. De Saussure voulut s'assurer de ce fait d'une manière exacte, et pour écarter la cause d'erreur qui aurait pu faire attribuer l'accélération du pouls à la fatigue du voyage, il ne fit cette épreuve qu'après quatre heures d'un séjour à peu près tranquille sur la cime de la montagne. Alors le pouls de son domestique battait 112 fois par minute, le sien 100 fois, et le pouls de Pierre Balmat 98 fois. Cette épreuve, répétée le lendemain à Chamonix, après le repos, donna chez les mêmes personnes et dans le même ordre 60, 72 et 49 pulsations.

Ainsi les intrépides explorateurs du Mont-Blanc étaient sans cesse dans un véritable état de fièvre, ce qui explique la soif qui les tourmentait, comme aussi leur aversion pour le vin, les liqueurs fortes, et même pour toute espèce d'aliments. Ils ne désiraient et ne pouvaient supporter que l'eau fraîche; en mangeant de la neige, ils ne faisaient qu'augmenter leur altération. Cependant, lorsqu'ils se tenaient dans une tranquillité parfaite, ils ne souffraient pas sensiblement.

Quelques-uns des guides et des hommes de l'expédition ne purent plus longtemps supporter tant de genres de souffrances; ils furent contraints de descendre, pour retrouver un air plus condensé.

« La nature, dit de Saussure, n'a point fait l'homme pour ces hautes régions: le froid et la rareté de l'air l'en écartent; et comme il n'y trouve

ni animaux, ni plantes, ni même des métaux, rien ne l'y attire; la curiosité et un désir ardent de s'instruire peuvent seuls lui faire surmonter pour quelques instants les obstacles de tout genre qui en défendent l'accès.

« Je restai cependant sur la cime jusqu'à trois heures et demie après midi, et quoique je ne perdisse pas un seul moment, je ne pus pas faire dans ces quatre heures et demie toutes les expériences que j'avais fréquemment achevées en moins de trois heures au bord de la mer. J'eus du regret à partir sans avoir accompli tout mon projet, mais il fallait absolument prendre de la marge pour être assuré de passer avant la nuit les mauvais pas que nous avions à franchir....

« Je quittai, quoique avec bien du regret, à trois heures et demie, ce magnifique belvédère.

« Nous passâmes auprès de la place où nous avions sinon dormi, du moins reposé la nuit précédente, et nous poussâmes encore une lieue plus loin jusqu'au rocher auprès duquel nous nous étions arrêtés en montant. Je me déterminai à y passer la nuit: je fis tendre la tente contre l'extrémité méridionale de ce rocher, dans une situation vraiment singulière. C'était sur la pente de neige qui domine le dôme du Goûter, avec sa couronne de séracs, et qui est terminée au midi par la cime du Mont-Blanc. Au bout de cette pente régnait une large et profonde crevasse, qui nous séparait de cette vallée et où s'engloutissait tout ce qu'on laissait tomber des environs de notre tente.

« Nous avons choisi ce poste pour éviter le danger des avalanches, et pour que, les guides trouvant des abris dans les fentes de ces rochers, nous ne fussions pas entassés dans la tente, comme nous l'avions été la nuit précédente.

« Je m'occupai dans la soirée à observer le baromètre, dont la hauteur donna à ce rocher une élévation de 1780 toises. Je m'amusai ensuite à contempler l'amas de nuages qui flottaient sous nos pieds, au-dessus des vallées et des montagnes moins élevées que nous. Ces nuages, au lieu de présenter des plaques et des surfaces unies, comme on les voit de bas en haut, offraient des formes extrêmement bizarres, des tours, des châteaux, des géants, et paraissaient soulevés par des vents verticaux qui partaient des différents points des pays situés au-dessous.

« Nous soupâmes ensuite gaiement et de très-bon appétit; après quoi je passai avec mon petit matelas une excellente nuit. Ce fut alors seulement que je jouis du plaisir d'avoir accompli ce dessein formé depuis vingt-sept ans: savoir, dans mon premier voyage à Chamouni, en 1760, projet que j'avais si souvent abandonné et repris, et qui faisait pour ma famille un continuel sujet de souci et d'inquiétude. Cela était devenu pour moi une espèce de maladie; mes yeux ne rencontraient pas le Mont-Blanc, que l'on voit de tant d'endroits de nos environs, sans que j'éprouvasse une espèce de saisissement douloureux. Au moment où j'y arrivai, ma satisfaction ne fut pas complète; elle le fut encore moins au moment de mon départ; je ne voyais alors que ce que je n'avais pu faire. Mais dans le silence de la nuit, après m'être bien reposé de ma fatigue, lorsque je récapitulais les observations que j'avais faites, lors surtout que je me retraçais le magnifique tableau des montagnes que j'emportais gravé

dans ma tête, et qu'enfin je conservais l'espérance bien fondée d'achever, sur le col du Géant, ce que je n'avais pas fait, et que vraisemblablement l'on ne fera jamais sur le Mont-Blanc, je goûtais une satisfaction vraie et sans mélange. »

Le retentissement qu'eut dans toute l'Europe l'éclatant succès de l'entreprise de Saussure fit naître des émules de sa gloire. Nous ne dirons que peu de chose de ces ascensions, entreprises presque toutes dans un simple but de curiosité, non par des savants désireux de fixer quelques points incertains de la physique du globe, mais par des touristes en quête d'émotions.

Il faut toutefois excepter de ce jugement le naturaliste Bourrit, chantre de la cathédrale de Genève, dont nous avons déjà raconté les vains efforts. Dès le lendemain de la victoire de Saussure, Pierre Bourrit, escorté de quelques guides, gravissait les pentes du Mont-Blanc; mais un orage le força presque aussitôt à rebrousser chemin. Il ne fut pas plus heureux dans une tentative faite l'année suivante. Il était écrit que l'excellent Bourrit passerait sa vie à montrer à ses rivaux la route du Mont-Blanc, sans pouvoir jamais y parvenir lui-même. Dure contrariété pour celui qui s'intitulait, à juste titre, le peintre des Alpes, et qui eut, en effet, le mérite d'attirer le premier, par ses ouvrages (en particulier par ses descriptions et ses remarquables dessins des glaciers), l'attention de l'Europe sur les beautés de ces montagnes, alors inconnues du touriste.

Le 5 août 1788, l'année qui suivit l'expédition de Saussure, un Anglais et un Hollandais, M. Woodley et M. Camper, tentaient la même ascension, accompagnés d'une dizaine de guides. Ils avaient eu malheureusement l'idée de s'adjoindre Bourrit, qui semblait avoir le fâcheux privilège de faire tourner à mal toute entreprise de ce genre. M. Woodley eut les mains et les pieds gelés; quelques guides eurent aussi les articulations des mains et des pieds gelées. Bourrit, descendu à demi aveugle, ne se guérit que par des applications de neige continuées pendant treize jours.

Ce fut un Anglais, le colonel Beaufroy, qui, le 9 août 1790, suivit le premier avec succès les traces de Saussure, et s'éleva jusqu'au Mont-Blanc. Il fut menacé, au retour, de perdre la vue. On ne se mettait pas alors assez en garde, comme on le fait aujourd'hui, au moyen d'un simple crêpe vert ou bleu,

contre l'éclatante réverbération du soleil sur les neiges, et c'est ainsi qu'on s'exposait à des ophthalmies dangereuses et à des tuméfactions de la face.

En 1792, quatre compatriotes du colonel Beaufroy firent la même tentative; mais le mauvais temps les força à redescendre: tous avaient plus ou moins souffert et éprouvé de nombreuses chutes. L'un des guides s'était cassé la jambe; l'autre avait eu le crâne ouvert.

Le 10 août 1802, le baron Doorthesen, gentilhomme russe, et M. Forneret, de Lausanne, atteignirent le sommet du mont; mais ils avaient couru de tels dangers, ils avaient enduré de telles souffrances, qu'ils déclarèrent qu'aucune puissance ne les forcerait à recommencer.

Notons une nouvelle ascension faite, le 10 septembre 1812, par un habitant de Hombourg, M. Rodaz, et une autre, faite le 4 août 1818, par un gentilhomme polonais, le comte Mantezecki.

Aucun Américain n'avait encore suivi dans la même voie les hardis conquérants du Mont-Blanc. Le charme fut levé, le 17 juin 1819, par le docteur Van Reusselaer, de New-York, et M. Roward, de Baltimore. Ils souffrirent beaucoup de la chaleur et du froid, et furent longtemps malades d'une affection des yeux et du visage.

C'était dans un but particulièrement scientifique que le docteur Hamel, conseiller de la cour de Russie, s'était rendu, en 1821, au pied du Mont-Blanc, pour escalader ses sommets. Ce savant voyageait aux frais du gouvernement russe, pour se livrer à des études sur la physique du globe, et il ne marchait qu'avec un bagage d'instruments d'observation de toutes sortes. Nous raconterons la tentative d'ascension du Mont-Blanc faite par le savant russe, non pour les résultats scientifiques qu'elle a fournis, mais pour la catastrophe qui la termina brusquement, et dont le souvenir est encore vivant aujourd'hui dans la vallée de Chamonix.

Le 3 août 1820, jour anniversaire de l'ascension de Saussure, une première tentative d'ascension fut faite par le docteur Hamel, par les glaciers de Bionnassay et l'aiguille du Goûter; mais un orage et des nuages amoncelés qui occupaient le Mont-Blanc le forcèrent à redescendre.



Ce fut le 18 août que le docteur Hamel recommença son ascension. Il était accompagné de deux gentilshommes anglais, M. Dornford et le colonel Gilbert Henderson. Douze guides les escortaient, sous le commandement de Marie Coutet; les autres guides étaient Julien Devoissous, David et Joseph Folliguet, les deux frères Pierre et Mathieu Balmat, Pierre Carrier, Auguste Teiraz, David Coutet, Jacques Coutet et Pierre Favret.

Partis de Chamonix à six heures du matin, on était arrivé à dix heures aux *Grands-Mulets*. C'est à cette hauteur que l'on s'arrête toujours pour passer la nuit. Une partie de ce rocher est taillée en forme de lettre L; l'échelle et quelques bâtons couverts de toile furent arrangés de manière à former une sorte de triangle dans l'intérieur duquel on passa la nuit, couchés sur de la paille. Mais, dans la soirée, le temps s'était mis à l'orage, la pluie commença à tomber. L'atmosphère était si fortement électrisée, que les boules de l'électromètre dansaient à faire peur. Le tonnerre ne cessa de gronder pendant toute la nuit.

La pluie continua toute la journée du lendemain, et la neige, qui ne tombait d'abord que sur le Mont-Blanc, commença à atteindre la région où se trouvait la tente de nos voyageurs. Le mauvais temps persista toute la nuit, qui fut passée, comme la première, sous le misérable abri de la tente.

Les conseils de la prudence la plus vulgaire prescrivaient le retour immédiat dans la vallée. Les guides, ayant tenu conseil au lever du jour, décidèrent de redescendre à Chamonix; mais quand cette décision fut signifiée au docteur Hamel, celui-ci la rejeta formellement. Il fut donc décidé que trois guides, qui furent désignés par le sort, Jacques Coutet, Joseph Folliguet et Pierre Favret, iraient chercher à Chamonix les vivres qui commençaient à manquer.

Il avait été arrêté qu'on attendrait dans le lieu du campement le retour du beau temps; mais à huit heures du matin, sur une éclaircie du ciel, le docteur Hamel décida qu'il fallait immédiatement partir. Les guides, qui connaissaient tout le danger de marcher, au milieu de tant d'effroyables précipices, sur des neiges fraîchement tombées, refusaient d'obéir à un ordre si imprudent; l'un d'eux, Auguste Teiraz, versait des larmes; il se jeta dans les bras de l'un de ses camarades, en

disant : « Je suis un homme perdu , j'y périrai ! » Ce pressentiment sinistre devait se vérifier, car Auguste Teiraz fut une des victimes de la catastrophe. Le colonel Henderson lui-même prenait le parti des guides ; mais le docteur Hamel, frappant du pied et regardant l'Anglais en face, laissa échapper le mot de *lâches* !

Il n'y avait plus à hésiter. Chacun fit ses préparatifs en silence, et l'on se mit en route.

La première partie de la montée se fit sans accident ; le temps s'était remis au beau. On gravit sans trop de peine le dôme du Gouter, et l'on arriva ainsi enfin au grand plateau qui se trouve à la base du Mont-Blanc.

« Ici, dit le docteur Hamel dans la relation qu'il a écrite de cet événement, nos guides nous félicitèrent, en disant qu'actuellement toutes les difficultés étaient vaincues : plus de crevasses, plus de danger. Jamais, disaient-ils, une ascension n'a mieux réussi. Jamais personne n'est monté plus vite et avec moins de difficulté ; en effet, les neiges avaient justement la consistance qui convenait pour marcher avec facilité ; les pieds ne s'enfonçaient pas trop, et elles n'étaient pas trop dures. Personne n'était indisposé. Cependant nous éprouvions déjà depuis quelque temps l'effet de la rareté de l'air, mon pouls battait 128 pulsations par minute, et j'avais soif à chaque instant. Nos guides nous invitèrent à déjeuner ici, car, disaient-ils, plus haut on n'a plus d'appétit. Une couverture fut étalée sur la neige à l'entrée du grand plateau, elle servit de chaise et de table. Chacun mangea avec appétit son demi-poulet ; j'arrangeai plusieurs choses pour les observations et les expériences que je me proposais de faire en haut. J'écrivis deux billets pour annoncer notre arrivée au sommet, en laissant seulement un blanc pour l'heure. Je voulais les attacher à un pigeon, que j'avais avec moi et que je voulais lâcher sur la cime, pour voir comment il volerait dans cet air si rare, et ensuite pour savoir s'il retrouverait son chemin jusqu'à Sallanches, où sa femelle l'attendait. Nous gardâmes une bouteille de notre meilleur vin pour boire sur la cime, à la mémoire de feu de Saussure.

« A neuf heures précises, nous nous remîmes en marche pour monter jusqu'au sommet, que nous voyions devant nous. « Accepteriez-vous « mille livres sterling pour descendre, au lieu de monter ? » demandait un de mes compagnons à son compatriote, qui répliqua : « Je ne voudrais « pas retourner, à quelque prix que ce fût. » Nous étions trop pleins d'espérance et de joie de nous voir si près du terme de notre voyage<sup>1</sup>. »

La caravane gravissait en ce moment ce que les guides appellent la *calotte du Mont-Blanc*, c'est-à-dire la dernière pente de neige qui mène à l'extrême sommité. Au pied de ce talus

1. *Bibliothèque universelle de Genève*, tome XIV, p. 317.

est béante une immense crevasse de glace, de 20 mètres de large et de 50 de profondeur. C'est la grande crevasse que l'on a vue représentée figure 31. On marchait à la file les uns des autres, dans l'ordre suivant : le premier guide était Pierre Carrier, le second Pierre Balmat, et le troisième Auguste Teiraz. Venaient ensuite Julien Devoissous et Marie Coutet. Derrière eux enfin marchaient, toujours à la file, cinq autres guides, le docteur Hamel et les deux Anglais.

Ce fut cet ordre de marche qui probablement détermina la catastrophe. En avançant sur une seule ligne, on tranchait, comme avec une charrue, la neige récemment tombée et qui n'avait pas encore contracté d'adhérence avec les neiges anciennes. Ainsi divisée par une longue section, la portion de neige que gravissait la caravane se sépara tout d'un coup; elle glissa sur la neige ancienne. Toute la caravane fut emportée avec cette avalanche le long du talus au pied duquel s'ouvrait, comme pour l'engloutir, l'immense crevasse dont nous avons parlé. L'avalanche de neige qui se détachait avait une longueur de 1000 mètres sur 70 de large, et moins d'un mètre d'épaisseur.

Tout le monde fut renversé et roulé dans la neige. Les trois guides qui marchaient en avant, Pierre Carrier, Pierre Balmat et Auguste Teiraz, furent précipités dans la crevasse. Julien et Marie Coutet, lancés par une impulsion plus violente, eurent le bonheur de dépasser cet abîme, et d'aller tomber dans une autre crevasse, heureusement peu profonde, à moitié remplie de neige, et d'où ils purent être tirés. Par un bonheur providentiel, les autres guides, les deux Anglais et le docteur Hamel restèrent au bord du gouffre. Ils avaient roulé sur eux-mêmes d'une hauteur de 100 mètres.

Julien Devoissous et Marie Coutet restèrent un moment sans connaissance. Julien, la tête en bas, était tout meurtri de sa chute entre les parois resserrées de la crevasse. Marie Coutet était à demi couvert par la neige qui remplissait cette anfractuosité, de 20 mètres de profondeur. Ayant de la neige jusqu'au cou, il ne pouvait faire un mouvement, et son visage avait la couleur violacée de l'asphyxie. Il appela, d'une voix éteinte, son compagnon à son secours; Julien, ayant réussi à se dégager, se servit d'un bâton de guide pour écarter la neige





Fig. 32. Catastrophe du 20 août 1829.





qui couvrait le corps de son ami. Les deux montagnards restèrent pendant quelques minutes assis en face l'un de l'autre, se regardant sans proférer une parole; ils croyaient avoir survécu seuls à cette horrible chute.

Heureusement, il n'en était pas ainsi. Plusieurs de leurs camarades, échappés comme par miracle à l'avalanche, se tenaient au bord de la crevasse qui avait manqué leur servir de tombeau. L'un d'eux, Mathieu Balmat, se laissa même couler le long des parois, pour leur porter secours. On leur jeta une hachette, avec laquelle ils taillèrent des escaliers dans la glace. Arrivés à une certaine hauteur, on leur tendit un bâton ferré, et on les tira dehors.

Tout le monde, en ce moment, se trouvait réuni sur le même point; on se compta. Il manquait trois guides : ceux qui marchaient en tête, Pierre Carrier, Pierre Balmat et Auguste Teiraz. Ils étaient tombés tous les trois dans la grande crevasse. Mathieu Balmat les avait vus précipités dans cet abîme; et Julien Coutet, au moment de sa propre chute, et tout en tournant sur lui-même, avait vu passer rapidement devant ses yeux, et tomber dans la grande crevasse, comme une jambe de couleur noire : c'était sans doute Auguste Teiraz, qui portait des guêtres de même couleur, le même qui avait manifesté de si vives appréhensions lorsque le docteur Hamel avait donné, en dépit de tout, l'ordre impérieux du départ.

Le docteur Hamel était consterné de regret et de douleur. Quant aux deux Anglais, rien ne saurait donner une idée de leur désespoir. Ils se prosternaient sur la neige; la raison semblait les avoir abandonnés. Ils déclarèrent ne pas vouloir quitter la place avant que l'on eût retrouvé, morts ou vivants, les trois malheureux dont ils s'accusaient d'avoir causé la perte.

Malgré les remontrances des guides, M. Dornford et le docteur Hamel descendirent dans la grande crevasse, le corps à demi enfoncé dans les neiges molles. Ils sondèrent la neige avec leurs bâtons ferrés, sans rencontrer rien de résistant. Ils appelaient de toutes leurs forces les guides par leurs noms; mais à ces hauteurs extraordinaires l'air, très-raréfié, ne produisit que des sons très-faibles.

Présument qu'ils étaient ensevelis sous une épaisse couche

de neige, Hamel enfonçait son bâton de toute sa longueur dans la neige, sur laquelle il se couchait, en appliquant les dents au bâton; il écoutait ensuite avec une profonde attention. Mais rien ne répondit; rien ne troubla le silence de ce lugubre tombeau.

Il fallut renoncer à une recherche reconnue inutile. Le docteur Hamel et son compagnon remontèrent donc sur le plateau. Les malheureux guides devaient avoir au moins 50 mètres de neige sur la tête. On fut forcé de les abandonner, et depuis cette époque tous les voyageurs qui font l'ascension du Mont-Blanc ne peuvent passer sans un serrement de cœur devant l'abîme de glace où ont péri les trois habitants de la vallée.

Cependant, à mesure que la journée avançait, le froid devenait glacial, puisque à cette hauteur on touchait presque au Mont-Blanc. On avait employé deux heures en vaines recherches au bord de la grande crevasse; il fallait absolument commencer de descendre, si l'on ne voulait pas être surpris par la nuit au milieu de ces précipices et courir le risque d'y être tous gelés.

Le guide Mathieu Balmat s'approcha alors du docteur Hamel, et le regardant en face, comme le docteur les avait regardés au matin de cette journée funeste :

« Eh bien, monsieur, lui dit-il, sommes-nous des lâches, et faut-il monter encore? »

Le docteur répondit en donnant l'ordre de descendre. Il aurait voulu que quelques guides consentissent à passer la nuit au bord de la crevasse, pour attendre le secours qu'on leur expédierait de Chamonix. C'était peut-être les vouer à la mort. Aussi cette idée ne fut-elle accueillie qu'avec colère et récriminations par les guides, qui reprochaient à l'étranger d'avoir causé, par son obstination, la mort de leurs camarades.

Pendant le retour, chacun raconta les sensations qu'il avait éprouvées au moment de la chute de cette avalanche d'un kilomètre de long. Julien Coutet avait tourné trois fois sur lui-même avant de tomber dans la petite crevasse, en franchissant la grande. Il attribuait son salut à ce qu'il portait en bandoulière le long étui du baromètre du docteur, qui l'aurait retenu suspendu un moment au bord de cet abîme, d'où il

aurait rebondi dans la seconde crevasse. Marie Coutet avait vu quatre des cinq guides qui le précédaient tomber les pieds en l'air, un seul rester debout et n'être pas renversé. Quant à lui, il s'était senti emporté comme un boulet de canon, et s'était trouvé, en un clin d'œil, couché et à demi enseveli dans un lit de neige. Une seconde après, un autre de ses compagnons tombait du ciel à ses côtés : c'était Julien Devoissous.

Le seul des guides qui n'avait pas été entraîné par l'avalanche était Mathieu Balmat. Devinant ce qui se passait, comprenant, avec son instinct de montagnard, que la neige nouvelle se détachait de l'ancienne, et glissait tout d'une pièce sur le talus; doué d'ailleurs d'une force prodigieuse, il enfonça son long bâton ferré à travers la neige nouvelle, qui n'avait pas un mètre d'épaisseur, et le planta dans la neige ancienne et résistante. Il put rester, de cette manière, suspendu à son bâton, à la force des poignets, tandis que l'avalanche emportait au-dessous de lui ses compagnons et son frère, Pierre Balmat, qui allaient trouver la mort au fond de l'abîme.

Renversé et roulé comme les autres, le docteur Hamel s'était trouvé heureusement arrêté au bord de la grande crevasse. Le colonel Henderson avait été lancé plus près encore du même abîme; il n'avait été arrêté que par la masse de neige qui l'entourait. Il était resté entièrement enseveli sous cette neige, qui le couvrait jusqu'au-dessus de la tête, et dont on ne le tira qu'à grand'peine.

En arrivant aux Grands-Mulets, on rencontra les trois guides envoyés le matin à la recherche des provisions. Ils redescendirent avec le reste de la caravane. Tous ces braves montagnards, frappés d'une sorte de stupeur, déploraient d'une voix concentrée le trépas de leurs camarades et la détresse dans laquelle cet événement devait plonger leurs familles.

Les deux Anglais contribuèrent généreusement à secourir ces familles, sans que le docteur Hamel prît d'ailleurs aucune part à ces libéralités. Mais rien ne put consoler la mère d'une des trois victimes, Pierre Balmat. Elle ne cessait de pleurer; trois mois après, elle mourut.

Le 15 août 1861 s'est passé le dernier épisode de cette triste histoire. Un guide de Chamonix trouva sur le glacier des Bossons deux crânes avec leurs téguments, un bras avec la main adhé-



rente, le tout revêtu de chairs sanguinolentes. Des débris de sacs, d'étoffe de veste, etc., ne permirent pas de douter que ces restes humains n'eussent appartenu aux deux guides Pierre Balmat et Pierre Carrier. Enfin, le 1<sup>er</sup> juillet 1863, le glacier des Bossons apportait un nouveau débris humain : c'était un pied, recouvert de ses chairs et de ses ongles, adhérant encore par les tendons au tibia décharné. A côté de ce pied était une boussole, probablement celle du docteur Hamel, que portait le guide Auguste Teiraz. Et c'est un petit-fils de la victime, Joseph Teiraz, photographe de Chamonix, que le hasard a rendu l'auteur de cette lugubre découverte.

Beaucoup d'ascensions au Mont-Blanc ont été entreprises depuis celles qui viennent d'être racontées.

Le capitaine Markham Sherwill, le comte de Tilly, et M. Arkins, officier de dragons anglais, ont publié le récit de leurs expéditions. Ce sont toujours les mêmes périls évités, les mêmes difficultés surmontées avec plus ou moins de bonheur. Le comte de Tilly eut, au retour, les pieds gelés; M. Arkins fut menacé de la même manière, et l'on craignit un moment la gangrène du pied. Le capitaine Markham Sherwill termine sa narration en disant : « Je ne conseillerais à personne une ascension dont le résultat ne peut jamais avoir une importance proportionnée aux dangers qu'on y court et qu'on y fait courir aux autres. »

Des guides payant la conduite,  
Paul au Mont-Blanc est parvenu.  
— Bravo! Mais qu'a-t-il fait ensuite?  
— Ensuite?... Il en est revenu.

Voilà, selon Arago, le résumé de toutes les ascensions qui n'ont d'autre but que de s'élever au-dessus des hauteurs peu accessibles à l'homme, pour y rester seulement quelques minutes, et s'empresse de redescendre, après avoir bravé de grands périls, en remportant des ophthalmies dangereuses, des érysipèles de la face et quelquefois les pieds gelés.

L'ascension faite en 1844 par MM. Ch. Martins, Bravais et le Pilleur est la plus intéressante de toutes celles qui se trouvent portées sur la liste précédente, parce qu'elle est la seule qui ait été entreprise depuis de Saussure dans un but scientifique.



Fig. 33. Passage des Échelles par M. Bisson en 1861, d'après une photographie de M. Bisson.





Parvenus au sommet du Mont-Blanc, MM. Martins et Bravais prirent un certain nombre de mesures de la hauteur et de la distance des montagnes situées autour du Mont-Blanc, et ils firent des observations thermométriques et physiologiques vraiment importantes<sup>1</sup>.

Un physicien de Berlin, le docteur Pitschner, a fait en 1861 un séjour de trois semaines aux *Grands-Mulets*, pour s'y livrer à des expériences météorologiques. Il a publié à Berlin quelques vues, assez grossières, des principaux passages que l'on franchit pour atteindre au Mont-Blanc.

Nous ne pousserons pas plus loin ces récits, déjà bien longs, des principales ascensions du Mont-Blanc. Cette escalade est devenue assez vulgaire aujourd'hui. On en compte une quarantaine chaque année. Ce qui arrête surtout les touristes français, dont la bourse n'est pas enflée par les guinées anglaises ou les dollars américains, c'est le tarif exagéré de la compagnie des guides. Les règlements de l'autorité locale prescrivent de n'entreprendre l'ascension du Mont-Blanc qu'avec trois guides par voyageur. Chaque guide se paye 100 fr., et il y a d'autres frais accessoires. Si le tarif était plus modéré, le nombre des excursionnistes au Mont-Blanc serait très-considérable. Pendant une semaine que nous avons passée, en 1863, dans la vallée de Chamonix, pour visiter les glaciers de la chaîne du Mont-Blanc, nous avons assisté au départ et à l'arrivée d'une dizaine de *sociétés* (c'est le mot du terroir), et le 20 août, à dix heures du matin, nous pûmes compter, avec la longue-vue de l'*hôtel de Saussure*, vingt-cinq personnes réunies au sommet du géant des Alpes.

Dans leur ardent désir de rapporter les spécimens artistiques de toutes les merveilles du globe, les photographes ne se sont pas laissé arrêter par les difficultés que présente le transport au Mont-Blanc de tout le matériel daguerrien. En juillet 1861, M. Bisson est parvenu à escalader, avec tout son attirail, la cime du Mont-Blanc, et il en a rapporté d'admirables vues photographiques. La figure 33 a été exécutée d'après une de ces photographies. Elle représente le *passage des Écheltes* par les

1. *Illustration* du 5 octobre 1844.



guides qui accompagnaient M. Bisson et portaient son bagage. Ce *passage des Échelles* se trouve avant les *Grands-Mulets*.

Le *Mont-Perdu* est, après le Mont-Blanc, celui dont la première ascension, faite par Ramond, en 1802, a excité le plus d'intérêt. A ce titre, nous la rapporterons, pour terminer ce chapitre.

Le Mont-Perdu, situé en Espagne, est la plus haute cime des Pyrénées, après la Maladetta et le pic Posets. Il a 3351 mètres de hauteur. On le regardait comme entièrement inaccessible avant qu'il eût été gravi par Ramond, célèbre naturaliste français, à qui l'on doit les belles descriptions qui lui ont mérité le titre de *Peintre des Pyrénées*.

C'est le 2 août 1802 que Ramond parvint à gravir le Mont-Perdu, après avoir échoué dans trois tentatives successives.

Ramond partit de la vallée d'Estaubé et du sentier nommé *passé des Glouriettes*, qui conduit à un cirque semblable à celui de Gavarnie. Dans la partie orientale de ce cirque, une rampe en talus s'élève vers un large *port*, qui ouvre l'accès au faite de la montagne.

Quand Ramond arriva devant ce talus, il n'y avait plus de neige dont l'existence eût facilité l'ascension. Sa surface nue et glissante n'offrait pas un seul point où l'on pût poser le pied. Les crampons n'y mordaient pas, les bâtons ferrés y laissaient à peine une trace. Il fallut donc tailler une échelle dans la glace, entre les bords qui s'élevaient contre les rochers, et le milieu où le glacier se creusait en gouttière, et où il offrait des crevasses et des trous sans nombre. Il fallut gravir, entre ces deux écueils, une pente droite et de plus en plus escarpée.

Au bout de deux heures, on arriva devant un renflement infranchissable. Il n'était possible de le tourner qu'en montant sur le bord du glacier. Or ce bord était une arête en lame de couteau, séparée du rocher par un précipice qui s'ouvrait dans les cavités du glacier. Ce chemin périlleux était le seul passage qui s'offrit.

On se hissa jusqu'au bord du glacier, par une douzaine d'échelons taillés à pic; mais avant d'y poser le pied, il fallut l'écrêter et le sonder à grands coups, pour s'assurer qu'il pou-

vait porter plusieurs personnes. De cette manière, on fit, à grand'peine, treize pas en vingt minutes, montant en équilibre sur une ligne glissante, le précipice derrière et des deux côtés.

On s'arrêta alors pour délibérer. Quelques insectes rampaient sur la glace. Le *Grimpreau des murailles* voltigeait de rocher en rocher, comme pour se moquer de l'entreprise de ces hommes téméraires.

Un guide de Baréges, qui avait pris le devant, déclara que la tête lui tournait. Il fallut le mettre entre les autres, ce qui ne fut pas chose facile, sur une ligne sans largeur.

On continua pourtant d'avancer. Deux fois des saillies de rochers créèrent de nouveaux obstacles en barrant le chemin. Il fallut se plier en deux pour les tourner, au risque de se jeter dans l'abîme. Bientôt, on n'eut plus d'autre ressource que les rochers eux-mêmes, que l'on avait d'abord jugés inaccessibles.

Ces rochers sont disposés en degrés, mais les marches sont plus hautes que larges. En outre, la ligne de cet escalier est redressée de manière à incliner les marches par rapport à l'horizon. Si l'on ajoute à cela toutes les dégradations et irrégularités du rocher, on jugera si l'entreprise était séduisante!

Ramond et ses compagnons résolurent néanmoins de la tenter.

On se hissait de gradins en gradins, le premier étant poussé par le second, et lui prêtant la main à son tour, dès qu'il était arrivé. Les derniers étaient encore exposés aux suites de chaque faux pas que pouvaient faire les premiers, comme aux quartiers de rochers ébranlés par les pieds des chefs de la file. Ramond fut, en effet, blessé par un de ces débris qu'il ne put éviter. L'escalade dura une heure (fig. 34).

On approchait de la crête, le cœur encore rempli d'anxiété, le corps brisé de fatigue. Mais avant d'arriver sur un petit plateau où l'on aurait pu se reposer, chacun oublia ses peines devant le sublime spectacle qui s'offrait au passage de la brèche. Le soleil l'éclairait de tous ses rayons.

« Un lac complètement dégelé, écrit Ramond, réfléchissait un ciel

tout d'azur, les glaciers étincelaient, et la cime du Mont-Perdu, toute resplendissante de célestes clartés, semblait ne plus appartenir à la terre.



Fig. 34. Première ascension du Mont-Perdu, par Ramond, en 1802.

En vain j'essayerais de peindre la magique apparence de ce tableau ; le dessin et la teinte sont également étrangers à tout ce qui frappe habituellement nos regards. En vain je tenterais de décrire ce que son appa-



rition a d'inopiné, d'étonnant, de fantastique : au moment où le rideau s'abaisse, où la porte s'ouvre, où l'on touche enfin le seuil de ce gigantesque édifice, un monde finit, un autre commence, un monde régi par les lois d'une autre existence. »

Quatre ou cinq terrasses, empilées les unes sur les autres, forment les premiers étages du *Mont-Perdu* proprement dit. Ces marches sont accessibles par la présence de la neige et des débris de pierres qui les couvrent en partie. Au bout d'une heure, on les eut escaladées, mais nos ascensionnistes étaient excédés de fatigue. On se vit en face d'une arête de rochers qui, s'élargissant peu à peu, conduit commodément à une sorte de vallon, où commencent les glaciers dont le pic est entouré.

On arriva enfin au sommet de ce pic. Il est si escarpé vers le sud, que les neiges roulent continuellement sur le talus inférieur où elles forment un glacier. De là, tout s'abaisse brusquement. Tout à coup, les sommets des montagnes espagnoles, qui n'atteignent pas de notre côté 2500 mètres, forment le fond d'un précipice de 1000 mètres de profondeur. Au nord les cimes aiguës et déchirées d'autres montagnes forment une bande large et épaisse, qui cache les plaines de la France.

Telles sont, en résumé, les difficultés que rencontra Ramond dans son ascension du *Mont-Perdu*, qui fit grand bruit dans le monde savant.

Nous terminerons tout ce qui se rapporte aux montagnes de l'Europe par quelques remarques sur l'altitude générale du continent européen pris dans sa totalité.

D'après de Humboldt, la hauteur moyenne des plaines de la France est de 156 mètres. Arago a trouvé cette altitude de 206 mètres, en prenant la moyenne d'un grand nombre de villes de France. La répartition des montagnes exhausserait le niveau moyen de 113 mètres, ce qui donne 269 mètres pour la hauteur moyenne générale de la France, en adoptant les données de de Humboldt. Avec le nombre trouvé par Arago, on arriverait à plus de 300 mètres. Il est à remarquer que par l'annexion de la Savoie qui place en France le groupe du *Mont-Blanc*, la hauteur moyenne de la France se trouve encore augmentée. Ces variations sont toutefois peu importantes pour le calcul de l'élévation moyenne de toute l'Europe.



L'Allemagne est, en moyenne, plus haute que la France; 380 mètres représentent son niveau moyen. Pour l'Europe en général, de Humboldt trouve 205 mètres d'altitude.

L'altitude moyenne de l'Asie est de 350 mètres, et celle de l'Amérique de 285 mètres. Si l'Océan montait de 300 mètres, il submergerait donc la plus grande partie de notre continent.

On comprendra mieux la signification de ces chiffres si on les rapproche de quelques autres contenus dans le tableau suivant :

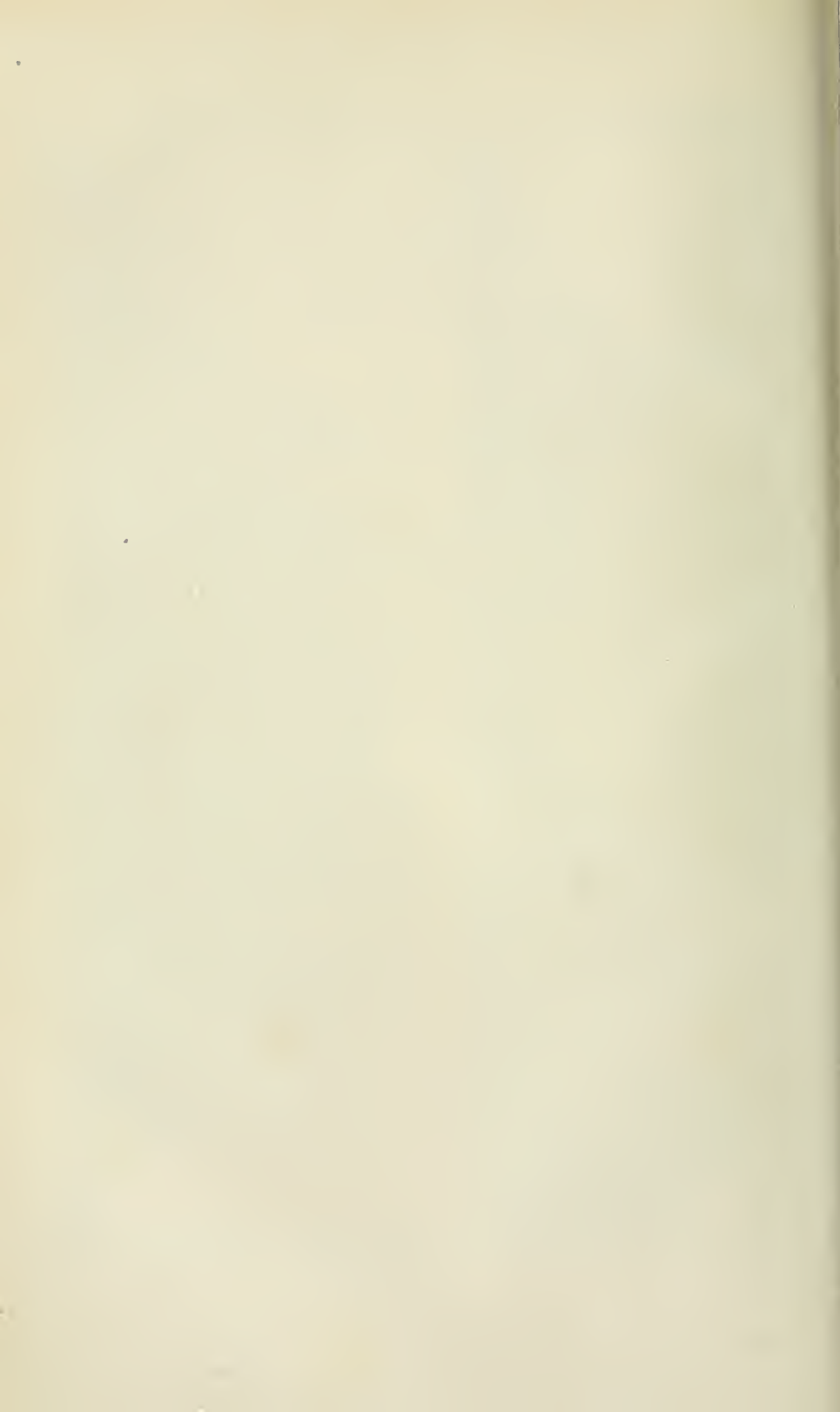
ALTITUDES DE QUELQUES LIEUX HABITÉS DE L'EUROPE.

	Mètres.
Hospice du Saint-Bernard.....	2490
Village de Findelin (Alpes).....	2192
Village de Soglio (Grisons).....	2046
Village de Breuil (Mont-Cervin).....	2007
Village de Héas (Pyrénées).....	1500
Briançon (Hautes-Alpes).....	1320
Village de Barèges (Pyrénées).....	1240
Bains du Mont-Dore.....	1040
Village de Chamonix.....	1023
Pontarlier.....	828
Madrid.....	608
Munich.....	538
Genève.....	407
Moscou.....	300
Lyon.....	163
Paris.....	65

On peut enfin comparer à ces hauteurs les élévations de quelques ouvrages de l'homme, dont voici un court tableau :

	Mètres.
La grande pyramide de Gizeh.....	146
Le Munster de Strasbourg.....	142
Coupoie de Saint-Pierre à Rome.....	132
Flèche de l'église d'Anvers.....	120
Flèche des Invalides à Paris.....	105
Sommet du Panthéon à Paris.....	79
Balustrade de Notre-Dame à Paris.....	66
Mât d'un vaisseau de 120 canons.....	73





### III

Montagnes de l'Amérique. — Ascension du Chimborazo par de Humboldt et par M. Boussingault. — Altitude du continent américain.

Au milieu de l'Amérique du Sud, dans la Bolivie, existe un grand plateau de près de 4000 mètres de hauteur, que Pentland appelle le *Tibet du Nouveau-Monde*. C'est une immense vallée renfermée entre deux chaînes parallèles qui appartiennent à la Cordillère centrale des Andes. Au nord se trouve le lac *Titicaca*. Vingt-cinq fois plus grand que celui de Genève, ce lac était le centre de l'ancien empire des Incas. La rivière Desaguadero traverse le sud de cette vallée; ses affluents viennent de la chaîne orientale, dont le versant opposé fournit les affluents du Paraguay, et qui porte les pics neigeux ou *nevados* de Sorata et d'illimani. La Cordillère occidentale sépare la vallée de Titicaca des rives de l'océan Pacifique; elle renferme les pics Sahama, Parinacota, et des volcans actifs, tels que le volcan d'Arequipa et le Gualateiri.

La figure 35 présente le panorama de toute la chaîne des Andes, entre le lac supérieur de Titicaca et le lac inférieur de Parihuanacocha. A partir de cette masse centrale, les Andes se prolongent au nord jusqu'à l'isthme de Panama, au midi jusqu'au cap Horn, avec une configuration très-variée, et en formant divers rameaux et contre-forts.

La Cordillère du Pérou renferme le Chimborazo, celle du Chili le pic d'Aconcagua, la plus haute montagne du nouveau continent.

Nous donnons dans la liste suivante la hauteur des montagnes les plus élevées de l'Amérique du Sud :

	Mètres.
Cap Horn.....	955
Pic de Captana. (Terre de Feu.).....	2400
Corcovado. (Cordillère de Patagonie.).....	3450
Descabezado. (Andes du Chili.).....	6430



	Mètres.
Maypo. (Volcan, Andes du Chili.).....	5380
Aconcagua. (Volcan, <i>ibidem.</i> ).....	7150
Illimani. (Andes de Bolivie.).....	6455
Sorata. ( <i>Ibidem.</i> ).....	6448
Parinacota. ( <i>Ibidem.</i> ).....	6710
Sahama. ( <i>Ibidem.</i> ).....	6810
Chimborazo. (Andes de Quito.).....	6530
Cotopaxi. (Volcan, <i>ibidem.</i> ).....	5755
Pichincha. ( <i>Ibidem.</i> ).....	4855
Pastos. ( <i>Ibidem.</i> ).....	4100
Sierra de Mar. (Amérique centrale.).....	1300
Sierra Tabatinga. ( <i>Ibidem.</i> ).....	2200

Les chaînes de l'Amérique du Sud sont bien plus importantes que celles de l'Amérique du Nord. La Cordillère de Mexico, avec ses nombreux volcans (Popocatepetl, Colima, Orizaba, etc.), va se rattacher aux *montagnes Rocheuses* situées au nord du continent américain, et qui traversent l'Orégon dans la direction du sud au nord. Les plus hautes cimes des montagnes Rocheuses sont le pic James, les pics Espagnols, etc. Un rameau occidental suit la rive de l'océan Pacifique jusqu'aux îles Aleutes; il renferme le volcan Saint-Élie, la *montagne du Beau-Temps*, le Cerro de la Giganta (situé en Californie).

Du côté de l'est se dresse, dans l'Amérique septentrionale, la longue chaîne des Alleghanys, qui traverse les États-Unis depuis le golfe du Mexique jusqu'à l'embouchure du fleuve Saint-Laurent, en suivant la rive de l'océan Atlantique. Ses faites sont le mont Washington et le mont Otter. On désigne quelquefois cette chaîne par les noms de *montagnes Bleues*, nom que l'on donne aussi à une chaîne de montagnes dans l'Inde méridionale, aux montagnes de l'Australie et à celles de la Jamaïque. C'est que, vues de loin, toutes les montagnes paraissent bleues.

Nous réunissons dans le tableau suivant la liste et l'altitude des montagnes les plus élevées de l'Amérique septentrionale :

	Mètres.
Le Cumbre. (Guadeloupe.).....	1490
La Soufrière. ( <i>Ibidem.</i> ).....	800
Colima. (Volcan du Mexique.).....	3960
Popocatepetl. ( <i>Ibidem.</i> ).....	5400
Sierra Madre. (Cordillère du Mexique.).....	2500
Cordillère d'Anahuac. (Mexique.).....	3000



Fig. 35. Panorama des Andes. (Amérique du Sud.)



	Mètres.
La Table. (Alleghanys, États-Unis.).....	1310
Mont Otter. ( <i>Ibidem.</i> ).....	1220
Mont Washington. ( <i>Ibidem.</i> ).....	2300
Pic James. (Montagnes Rocheuses, Orégon.)...	3500
Big-Horn. (Montagnes Rocheuses.).....	4135
Mont Hooker. (Point culminant des montagnes Rocheuses.).....	5086
Mont Shasta. (Sierra-Nevada, Californie.)....	4400
Mont Dana. ( <i>Ibidem.</i> ).....	4110
Mont Saint-Élie. (Volcan de l'Amérique russe.)	5443

La carte placée en tête de ce chapitre présente le tableau des montagnes les plus hautes dans les deux Amériques.

Le point le plus élevé auquel l'homme se soit élevé jusqu'à ce jour en Amérique, c'est le Chimborazo, pic qui fait partie de la Cordillère du Pérou. En 1802, de Humboldt atteignit, sur cette montagne, la hauteur de 5878 mètres, et, trente années plus tard, M. Boussingault s'élevait à 6000 mètres, en faisant l'ascension de ce même pic des Andes.

Nous allons raconter les tentatives de ces voyageurs illustres. L'intérêt scientifique de ces ascensions n'était pas proportionné aux difficultés et aux dangers de la route; mais ces entreprises ont toujours eu le privilège d'exciter la curiosité du public. Chacun est désireux de connaître les impressions que l'on peut éprouver sur ces sommets réputés inaccessibles, ou du moins hors d'atteinte au commun des hommes. « Nul autre objet, dit de Humboldt, n'a fourni matière à des questions aussi incessantes que celles qui m'ont été adressées au sujet du Chimborazo; et ce n'était pas des grandes lois naturelles que l'on s'occupait. »

C'est dans l'été de 1802 que le célèbre voyageur tenta l'ascension du Chimborazo accompagné de son ami Bonpland, d'un Espagnol, Carlos Montufar, et de quelques guides indigènes, il partit, le 22 juin, de la plaine de Tapia, qui fait partie d'une vallée séparant la Cordillère orientale où se trouve le Cotopaxi, de la Cordillère occidentale, où sont situés les volcans éteints de l'Iliniza et du Chimborazo. On arriva, par une montée douce, jusqu'au village indien de Calpi, situé au pied de la montagne et où l'on devait passer la nuit.

La plaine de Tapia est déjà élevée de près de 3000 mètres au-dessus de la mer du Sud; on y rencontre encore des cactus



et des schinus, mais l'agriculture y est impossible, à cause des gelées nocturnes. Des troupeaux de lamas ont de la peine à trouver, dans ces stériles parages, une maigre nourriture.

Le 23 au matin, de Humboldt et Bonpland quittèrent le village de Calpi, pour attaquer le Chimborazo du côté sud-sud-est. Le sommet de ce pic est entouré de plaines superposées en sortes de gradins. Ces plaines, ou, comme on les appelle en Amérique, ces *llanos*, couvertes de végétation, surpassent en hauteur le pic de Ténériffe. Parfaitement horizontaux, ces llanos ressemblent au lit d'un lac desséché, et rappellent les steppes de



Fig. 36. Le Chimborazo.

l'Asie centrale. Leur végétation se compose de graminées, de gentiane pourprée, etc. A cette hauteur la température moyenne annuelle est encore de 9 degrés, c'est-à-dire à peu près celle de Paris; mais les nuits sont plus froides que sous notre ciel.

Au-dessus du plateau de Sigun, élevé de 3800 mètres, on rencontra l'étang de *Yana-Concha*, qui n'a que 49 mètres de long. La cime neigeuse du Chimborazo n'apparaissait encore aux voyageurs que par de rares éclaircies au milieu des nuages et dans l'épaisseur du brouillard qui l'enveloppait. A cette hauteur (4380 mètres), de Humboldt descendit de son mu-

let, parce qu'il était tombé beaucoup de neige la veille. Bonpland et Montufar y laissèrent aussi leurs chevaux, pour les reprendre au retour.

La végétation herbacée qui recouvre le sol cesse à 300 mètres au-dessus de l'étang Yana-Concha. On ne voit plus alors que des murs de rochers se dressant sur des neiges éternelles. Une partie de ces rochers forme des colonnes grêles et irrégulières, qui de loin produisent l'effet d'une forêt d'arbres morts et encore debout.

Cette allée de noirs piliers menait directement à une crête fort étroite : c'était le seul chemin pour parvenir à la cime du Chimborazo, car la neige qui couvrait les autres parties de la montagne était trop récente et trop molle pour que l'on pût y poser le pied. Ce périlleux sentier allait toujours en se rétrécissant, et la montée devenait de plus en plus raide. A la hauteur de 5070 mètres, tous les guides, rebutés par la difficulté de l'ascension, se retirèrent; nos voyageurs ne purent retenir auprès d'eux qu'un indigène, un métis de San-Juan.

Malgré le brouillard qui les enveloppait, ils parvinrent plus haut qu'ils ne l'avaient espéré; mais ce ne fut pas sans d'immenses dangers. La crête (*cuchilla, dos de couteau*, suivant le mot expressif des Espagnols) sur laquelle on marchait n'avait quelquefois que 25 à 30 centimètres de large. Elle se terminait, à gauche, par une pente inclinée de 30 degrés, formée de neige durcie qui brillait comme un miroir; à droite s'ouvrait un abîme de 300 mètres de profondeur, dans lequel se dressaient verticalement des aiguilles de rochers. « Nous marchions cependant, dit de Humboldt, le corps penché de ce côté. Le danger nous paraissait plus redoutable encore à gauche, parce qu'il n'y avait pas même la ressource de se tenir avec les mains aux aspérités du roc, et que la couche de glace à gauche ne nous aurait pas empêchés de nous enfoncer dans la neige<sup>1</sup>. »

L'ascension ne tarda pas à devenir plus difficile encore. La roche était de plus en plus friable, et la montée si raide qu'il fallait se servir des pieds et des mains, au risque de se blesser à tout moment, pour se retenir aux aspérités aiguës de la

1. *Mélanges de géologie et de physique*, in-8, tome I, p. 164.

pierre. Il fallait marcher un à un et explorer le chemin à chaque pas en avant, car souvent les blocs, qui semblaient faire partie du sol, s'en détachaient et roulaient sous le pied qui les prenait pour appui.

Afin de reconnaître la hauteur à laquelle on était parvenu, de Humboldt s'arrêta, pour observer le baromètre, sur un point de la crête où deux personnes pouvaient se tenir à côté l'une de l'autre : on était alors à 5620 mètres au-dessus de la mer. L'air était à 3 degrés au-dessous de zéro ; le sol était très-humide et le brouillard ne cessa d'envelopper les voyageurs pendant l'heure qu'on employa à gravir la terrible *cuchilla*.

Tout le monde commença alors à ressentir le *mal des montagnes*, c'est-à-dire des envies de vomir et une sorte de vertige. Le paysan indigène qui avait consenti à partager les fatigues de l'ascension souffrait plus encore que les voyageurs européens. Tous saignaient des gencives et des lèvres, et leurs yeux s'injectaient de sang. C'est ce qu'avaient éprouvé de Saussure et tous ceux qui ont fait l'ascension du Mont-Blanc. Mais tandis que ces phénomènes avaient apparu sur le Mont-Blanc à 2800 mètres, chez nos voyageurs ils n'avaient commencé à se manifester, comme nous venons de le dire, qu'à 5620 mètres. Le *mal des montagnes* varie, en effet, selon les pays et selon les individus. Beaucoup de personnes commencent à en souffrir au-dessous de 4600 mètres. Les symptômes du malaise diffèrent suivant l'âge et la constitution, et ils s'aggravent par les efforts musculaires que l'on est forcé d'accomplir. Gay-Lussac s'est élevé en ballon jusqu'à 7600 mètres, sans trop de souffrances et sans hémorragie, parce qu'il était immobile dans son aérostat. La raréfaction de l'air détermine le suintement du sang à travers ses canaux, par suite de la trop faible pression que la peau reçoit de l'extérieur.

Tout à coup le voile de nuages qui couvrait le sommet du Chimborazo sembla se déchirer comme par enchantement, et l'on vit apparaître sa cime arrondie. Le chemin s'élargissant un peu, l'on avançait d'un pas plus assuré, lorsqu'une crevasse profonde de 150 mètres et large de 20 mètres vint opposer à l'élan de nos voyageurs un obstacle décidément infranchissable. Le chemin continuait au delà ; mais il était impossible

de tourner l'abîme et de descendre dans ses profondeurs, à cause du peu de consistance de la neige qui le remplissait. Il fallait donc se résigner à ne pas monter plus haut.

Il était une heure de l'après-midi. Le baromètre marquait 13 pouces 11,2 lignes; ce qui correspond à 5878 mètres d'altitude. L'air était à 1°,6 au-dessous de zéro. Une distance de 650 mètres seulement, c'est-à-dire dix fois la hauteur de la balustrade de Notre-Dame à Paris, séparait nos intrépides explorateurs de l'extrême sommité du colosse des Andes. La Condamine et Bouguer n'avaient pas dépassé 4700 mètres sur le Chimborazo; de Humboldt et Bonpland se trouvaient donc à la plus grande élévation que les hommes eussent atteinte jusqu'à ce jour.

On ne pouvait demeurer longtemps dans ce sombre désert. Le brouillard s'était épaissi de nouveau; déjà la cime du Chimborazo, ni aucune des montagnes voisines, n'étaient plus visibles. On n'apercevait autour de soi qu'une immense mer de nuages. Pas un être organisé ne se montrait. De Humboldt finit cependant par découvrir une espèce de lichen de rocher. Il avait trouvé à 5500 mètres de hauteur des *Gyrosphora rugosa*; à 4700 mètres, il avait vu la dernière mousse. A 4880 mètres, Bonpland avait encore capturé un papillon, et l'on vit une mouche à 5400 mètres; mais ces insectes avaient évidemment été portés par les courants d'air, car on voit quelquefois des pelotons d'herbes s'élever à cette hauteur par la seule action du vent.

Le ciel se couvrait de plus en plus, et la petite caravane dut songer à un prompt retour, qui fut effectué par le même chemin, mais non sans des précautions infinies. Ils commençaient à peine leur descente qu'une grêle épaisse, bientôt suivie de neige, se mit à tomber. Le sol se couvrit d'une épaisseur de neige qui allait jusqu'à la cheville, et qui augmentait les dangers de la descente. Cependant, vers deux heures, de Humboldt et Bonpland avaient retrouvé leurs guides et leurs chevaux qu'ils avaient laissés à la limite des neiges perpétuelles.

Ayant repris sa route vers le village de Calpi, la caravane y arriva à cinq heures du soir. « Comme d'habitude, dit de Humboldt, le brouillard qui avait contrarié notre expédition fut suivi du plus beau temps. Le 25 juin, le Chimborazo se dé-



voilà aux habitants de la Nouvelle-Riobamba dans toute sa splendeur, avec cette majesté calme et imposante qui est le caractère naturel des paysages sous les tropiques. » Malgré cette engageante apparence, on ne jugea pas à propos de renouveler une tentative qui avait réussi dans la mesure désirée.

D'après les observations de Humboldt, le Chimborazo est un volcan éteint, composé de porphyre et de trachyte. Sa cime est formée de labrador et d'ogite; c'est un porphyre ogitique, une sorte de *dolérite*. On n'y trouve ni obsidienne ni pierre ponce. Bien que le Chimborazo n'ait point de cratère actuel appréciable, les forces volcaniques ne sont point éteintes dans ses profondeurs. Les mugissements souterrains s'y font fréquemment entendre et le sol est agité par des secousses. Mais les indigènes, habitués à ces mouvements du sol, n'y font aucune attention <sup>1</sup>.

Passons à la seconde ascension du Chimborazo faite environ trente années après, en décembre 1831, par le voyageur et naturaliste français contemporain M. Boussingault.

Après avoir accompli de grands travaux de physique et de géodésie dans les Andes, M. Boussingault se reposait de ses fatigues à Riobamba. L'élévation considérable du plateau sur lequel elle est située donne à cette ville un aspect aride et hivernal. A l'horizon s'étale un panorama de cimes neigeuses, sur lesquelles on voit se succéder dans leur magnificence entière tous les grands phénomènes météorologiques, savoir : des orages à la moitié de la hauteur du sommet de la montagne, — des nuages chargés d'électricité se formant par intervalles autour des pointes élancées de ses pics, qui fonctionnent comme des condensateurs électriques, — un crépuscule produit subitement et en plein jour par un voile de brouillard qui se répand en peu d'instant sur toute la ligne de l'horizon. On trouve donc réunis dans ce cadre imposant tous les tableaux de la nature pittoresque et sauvage des Andes.

Après s'être rassasié de ce grand spectacle, M. Boussingault

<sup>1</sup> Le mot *Chimborazo* veut dire *neige de Chimbo*, la terminaison *razo*, qui se retrouve dans les noms d'autres montagnes, signifiant *neige*.

voulut terminer ses recherches par une ascension du Chimborazo, dans l'espoir de reconnaître la composition de ce pic plus exactement que ne l'avait fait de Humboldt, et pour obtenir la température moyenne d'une station américaine très-élevée. Le colonel anglais Hall, qui l'avait déjà accompagné dans d'autres excursions, voulut cette fois encore se joindre à lui.

Vu de Riobamba, le Chimborazo offre deux pentes très-différentes : l'une, qui regarde l'*Arenal*, est très-abrupte ; l'autre, qui descend vers Chillapalla, est beaucoup plus douce. C'est de ce côté que l'on résolut de tenter l'ascension.

Le 14 décembre 1831, M. Boussingault et son compagnon allèrent coucher dans la métairie du Chimborazo, qui se trouve dans cette montagne à 3500 mètres au-dessus de la mer ; et le 15 au matin, on partit, escorté de guides indiens, mauvais guides toutefois, et sur lesquels il ne faut jamais compter pour atteindre à de grandes hauteurs.

En suivant un ruisseau encaissé entre deux murs verticaux de trachyte, on parvint, non sans beaucoup de peine, à une hauteur égale à celle du Mont-Blanc. Là, les voyageurs jugèrent bon de se couvrir le visage avec des voiles de taffetas, pour éviter les accidents que déterminent sur l'épiderme les rayons solaires réfléchis par la glace. Il fallut ensuite gravir une crête qui conduisait à un rocher de trachyte dépouillé de neige ; pour cela on se frayait un chemin à travers la neige, dans laquelle on s'enfonçait parfois jusqu'à la ceinture. Bientôt la neige meuble présenta plus de 13 décimètres de profondeur ; il devint impossible d'avancer plus loin, et l'on dut renoncer à continuer cette tentative d'ascension de ce côté de la montagne. On se reposa sur l'éminence isolée de trachyte qui surgissait de cette mer de neige. Il était une heure et demie de l'après-midi ; la température était de 3 degrés au-dessus de 0 ; le baromètre accusait une altitude de 5115 mètres. M. Boussingault remplit une bouteille de neige, pour la soumettre à un examen chimique, et l'on retourna sur ses pas. On était de retour à la métairie à six heures du soir.

Le temps avait été magnifique, ce qui fit regretter d'autant plus l'insuccès de l'entreprise. Il fut donc résolu qu'on la recommencerait dès le lendemain, mais cette fois du côté de l'*Arenal*. C'était à peu près la direction qu'avait suivie trente

ans auparavant de Humboldt. On aurait voulu obtenir des habitants des renseignements précis sur la route suivie autrefois par l'illustre naturaliste, mais tous ceux qui l'avaient accompagné étaient morts.

A sept heures du matin on se mit en route; à neuf heures, on déjeunait sur un énorme bloc de trachyte, élevé de 4335 mètres et que M. Boussingault baptisa du nom de *Pedron del Almuerzo* (*pierre du déjeuner*). Six cents mètres plus haut, les mulets refusant d'avancer par suite de la raréfaction de l'air, il fallut quitter les montures, et l'on commença à gravir à pied un talus de roches reposant sur la glace, amas qui devait provenir d'un éboulement récent, d'une sorte d'avalanche de pierres descendue du sommet de la montagne. On traversa, vers midi, une nappe de glace tellement glissante, qu'on était obligé de creuser des entailles avec une hache pour pouvoir y poser le pied. L'air était déjà si raréfié qu'il fallait reprendre haleine tous les six à huit pas. On regagna ainsi la terre ferme, c'est-à-dire des blocs de trachyte non recouverts de neige. La petite caravane marchait sur une file : M. Boussingault en tête, le colonel Hall et son nègre mettant leurs pieds dans les marques des pas de M. Boussingault. Pendant la marche on gardait le silence; et l'on n'échangeait, pendant les haltes, que quelques paroles à voix basse, précaution très essentielle dans ces sortes d'excursions, où rien ne fatigue autant qu'une conversation soutenue, et où les cris, l'agitation de l'air peuvent provoquer la formation d'avalanches terribles.

On ne tarda pas à gagner, de cette manière, une arête qui montait directement au sommet du Chimborazo. Elle ne portait que peu de neige; mais elle était périlleuse à escalader, à cause de sa très-forte inclinaison. Après des efforts inouïs de gymnastique, on se vit au pied d'un mur de trachyte coupé à pic, haut de quelques centaines de mètres, qui semblait fermer tout passage. On n'était pourtant qu'à 5680 mètres de hauteur : il y avait de quoi décourager les plus intrépides. Nos voyageurs s'assirent devant le *Rocher-Rouge*, et se désaltérèrent en suçant des glaçons. Il était alors midi trois quarts. Tout le monde était glacé, car le thermomètre marquait zéro. Une humidité extraordinaire régnait dans l'air, les roches étaient toutes mouillées. Cet état hygrométrique de l'atmosphère aux som-

mets des plus hauts pics ne permet donc pas de supposer que l'altération de la peau du visage que l'on éprouve si souvent à ces hauteurs soit due à la sécheresse de l'air. Il faut attribuer cet accident à l'action de la lumière trop vive réfléchiée par les glaces. Aussi peut-on l'éviter en se couvrant la figure d'un crêpe de couleur, ou même en se noircissant la peau du visage. Sur les glaciers, la peau des nègres ne souffre jamais de l'action du soleil.

Le nuage qui enveloppait les voyageurs finit par se dissiper ; ils reconnurent alors sur leur droite un abîme effrayant, et à gauche une roche avancée, formant une sorte de belvédère ou d'observatoire. Avec l'aide de ses compagnons, M. Boussingault se hâta de l'escalader. En regardant autour de lui, il s'assura qu'on pourrait s'élever plus haut si l'on réussissait à gravir un talus de neige qui s'appuyait sur la face opposée du *Rocher-Rouge*. Il ordonna donc au nègre d'aller essayer la force de la neige : elle se trouva heureusement assez résistante pour les porter tous. Le colonel Hall et le nègre tournèrent alors le pied du belvédère, et M. Boussingault, pour les rejoindre, se laissa glisser le long de cette pente de glace.

Comme on se préparait à commencer l'escalade, une pierre se détacha du haut de la montagne et vint tomber tout près du colonel, qui fut renversé du choc ; mais il se releva aussitôt pour examiner l'échantillon de roche qui s'était si brutalement soumis à son investigation : c'était un bloc de trachyte.

« Nous marchions avec précaution, dit M. Boussingault : à droite, nous pouvions nous appuyer sur le rocher ; à gauche, la pente était effrayante, et avant de nous engager plus avant, nous commençâmes par bien nous familiariser avec le précipice. C'est une précaution qu'il importe de ne point négliger dans les montagnes, toutes les fois que l'on doit passer un endroit dangereux. Saussure l'a dit depuis longtemps, mais on ne saurait trop le répéter, et dans mes courses aventureuses sur les sommets des Andes, je n'ai jamais perdu de vue ce sage précepte<sup>1</sup>. »

A ce point de la course, tout le monde commença à ressentir les effets de la raréfaction de l'air. Il fallait s'arrêter à chaque instant, et souvent même se coucher par terre quelques se-

1 De Humboldt, *Mélanges de géologie et de physique*, p. 199.



condes; mais les souffrances cessaient avec le mouvement. C'est ce que de Saussure avait déjà noté.

Un nouveau danger vint bientôt s'ajouter aux autres : la neige molle n'avait qu'un décimètre d'épaisseur; au-dessous se trouvait une glace dure et glissante : il fallut y pratiquer des entailles pour ne pas tomber. Le nègre marchait en tête, pour creuser les pas dans la glace; mais cet exercice épuisait ses forces. M. Boussingault voulant passer devant cet homme, pour le remplacer dans son travail, glissa sur la pente du précipice. Fort heureusement, ses deux compagnons réussirent à le retenir suspendu sur l'abîme. Ils coururent tous les trois un grand danger; mais ayant réussi à reprendre leur équilibre, ils se remirent courageusement à marcher dans ce périlleux sentier. Par un dernier effort, ils parvinrent, à une heure trois quarts, au bout de cette terrible arête.

Mais il fut impossible d'aller plus loin. On se trouvait au pied d'un énorme massif de trachyte, dont la partie supérieure, couverte d'une calotte de neige, forme le sommet du Chimborazo. Les arêtes qui pourraient conduire au sommet sont les arcs-boutants que l'on aperçoit de la plaine, et qui semblent supporter de divers côtés, comme pour l'étayer, ce rocher immense. L'arête à l'extrémité de laquelle M. Boussingault se trouvait avec ses deux compagnons avait à peine un mètre de large. Elle était entourée de toutes parts de précipices et de roches qui contrastaient avec l'éblouissante blancheur de la neige. De longues stalagmites de glace, suspendues sur les têtes de nos voyageurs, ressemblaient à une cascade qui se serait gelée en l'air. Le temps était magnifique, l'air calme et pur; la vue embrassait un horizon sans limites : la situation était sublime.

Le baromètre se soutenait à 371 millimètres, ce qui correspond à une hauteur absolue de 6004 mètres. M. Boussingault avait donc dépassé les limites d'élévation atteintes par de Humboldt. Personne avant lui n'avait porté le baromètre à 6000 mètres de hauteur. Et nous verrons que cette dernière limite n'a pu être dépassée que par les frères Schlagintweit, dans leur passage sur les sommets neigeux de l'Himalaya.

Le colonel Hall était ravi de joie; il ne cessait de plaisanter tout en dessinant *l'enfer de glace*. Les voix semblaient profon-

dément modifiées ; le son avait peu d'intensité ; c'est à peine si l'on entendait le bruit du marteau frappant la roche.

Circonstance remarquable, les effets du *mal des montagnes* que nos voyageurs avaient ressenti au bas de l'arête étaient nuls au sommet du Chimborazo. Le pouls de M. Boussingault battait, il est vrai, 106 pulsations par minute ; il avait soif et ressentait, ainsi que le colonel, une excitation fébrile, mais cette excitation n'avait rien de pénible.

Le peu d'effet que la raréfaction de l'air produisit sur nos voyageurs s'explique par l'espèce d'acclimatation que leur avait procurée un séjour prolongé sur les plateaux des Andes. On est porté à croire que l'homme peut s'accoutumer à l'air raréfié des montagnes quand on considère que les habitants de la ville de Quito vivent à 3000 mètres au-dessus de la mer ; que dans ce pays l'homme vit, sans trop de malaise habituel, à des altitudes aussi grandes que celles du Mont-Blanc ; enfin si on se rappelle le combat de Pichincha, livré de nos jours, et qui eut lieu à une hauteur égalant celle du Mont-Blanc.

On a reconnu, et M. Boussingault insiste sur ce fait, que l'on éprouve, à hauteur égale, un plus grand malaise sur une surface de neige que sur la roche nue. Les Indiens, en marchant sur la neige, sont saisis d'un étouffement (*akogo*), d'une difficulté de respirer qui ne dépend pas uniquement de la raréfaction de l'air. Aussi M. Boussingault croit-il que la neige vicie chimiquement l'air respirable. Saussure avait reconnu que l'air extrait de la neige contient moins d'oxygène que l'air ordinaire. M. Boussingault soumit à une expérience eudiométrique les gaz contenus dans la bouteille qu'il avait remplie de neige sur le Chimborazo, et il arriva à un résultat analogue. Ce fait est l'indice d'une certaine altération de l'air par la neige des grandes hauteurs.

M. Boussingault ne trouva pas au ciel du Chimborazo la couleur foncée que Saussure a signalée dans le ciel du Mont-Blanc. Du sommet du Chimborazo, le ciel ne paraissait pas plus foncé qu'à Quito. En général, M. Boussingault n'a observé que très-rarement le ciel bleu-noir dont parle Saussure. Il est persuadé que cette apparence de couleur foncée du ciel, que l'on voit quelquefois sur les glaciers, n'est, en grande partie qu'un résultat de la fatigue des organes de la vue ; peut-être

aussi n'est-elle qu'un effet de contraste avec la blancheur de la neige. Ce serait donc un phénomène essentiellement physiologique.

Le temps était resté jusqu'à trois heures d'une admirable beauté, et le thermomètre n'avait marqué que  $+ 8$  degrés. Mais des nuages commencèrent à se former au pied de la montagne, et un orage grondait au-dessous des pieds de nos observateurs aériens. Le bruit du tonnerre montait vers eux, mais très-affaibli, comme s'il venait de loin. Il était temps de redescendre, car la neige ou le froid aurait pu rendre la route impraticable, et on n'avait pas de provisions pour séjourner sur le glacier. Après une descente de 300 mètres, qui fut très-pénible, on entra dans la région des nuages. Il tombait, plus bas, un peu de grêle. Enfin, à mesure que l'on descendait, après avoir repris les mulets, une pluie glaciale vint se mêler à la grêle. On arriva pourtant sain et sauf, à huit heures du soir, à la métairie du Chimborazo.

Toutes les observations du physicien français tendent à confirmer l'opinion émise par de Humboldt, à savoir que le Chimborazo est un volcan éteint. Sa masse est une accumulation de débris trachytiques irrégulièrement disposés. Les plateaux de trachyte présentent d'énormes crevasses qui semblent diverger du centre, comme les fentes d'un morceau de verre étoilé. Le Chimborazo, en se soulevant, a redressé les rochers, qui sont restés amoncelés autour du centre d'éruption.

Le 23 décembre 1831, M. Boussingault quitta Riobamba, pour continuer ses voyages. En se séparant du colonel Hall, qui avait si longtemps partagé ses périls et ses fatigues, il lui serra la main, non sans un sombre pressentiment. En effet, quelques mois après, le courageux officier anglais périssait misérablement dans une rue de Quito, sous le fer d'un assassin.

Nous parlerons, pour terminer ce chapitre, de l'altitude générale du continent américain. Cette altitude, qui est considérable, peut expliquer l'élévation de la plupart des chaînes de montagnes de l'Amérique, bien supérieure à l'altitude des montagnes de l'Europe.

Les hauteurs primitives des basses terres de l'Amérique du Sud et de l'Amérique du Nord sont évaluées respectivement à

200 et 145 mètres environ par de Humboldt; mais, en tenant compte de l'exhaussement que produirait la répartition uniforme de la masse des montagnes sur toute la superficie du pays, on trouve 345 et 230 mètres respectivement pour la hauteur moyenne de ces continents, et 285 mètres pour l'Amérique en général.

On ne sera pas surpris, dès lors, de l'élévation de beaucoup de lieux du continent américain. Dans cette région, en effet, il existe des villes, et l'homme passe son existence dans des localités dont l'altitude est celle des plus hautes montagnes de l'Europe. La hauteur moyenne de la crête des Andes est, selon M. Boussingault, de 4300 mètres. Mais un grand nombre de cols ou passages de montagnes d'Amérique sont plus élevés. Les passages de Lagunillas, Alto de Toledo, sont situés à 4750 mètres au-dessus de la mer. Le passage de Gualitas, qui mène de la ville la Paz à celle d'Arica, au Pérou, est à 4520 mètres. Dans tous ces passages, on trouve des habitations isolées ou même des hameaux à des hauteurs extraordinaires. La maison du maître de poste d'Ancomarca, qui est fréquentée par les voyageurs qui se rendent de la Bolivie aux ports du Pacifique, est située à une altitude de 4792 mètres, altitude de la cime du Mont-Blanc. Les hameaux ou maisons de Chullunquani, de Rio-Mauro, de Huayllas, sont suspendus à environ 4200 mètres de hauteur absolue sur les flancs des Cordillères.

Voici encore les altitudes de quelques villes du Pérou ou de l'État de Bolivie :

	Mètres.
Arequipa.....	2375
Cochabamba.....	2575
Chuquisaca.....	2845
Tapiza.....	3050
La Paz.....	3715
Oruro.....	3790
Puno.....	3910
Chucuito.....	3970
Potosí.....	4165

Plusieurs de ces villes sont des capitales de provinces. Potosi est à la hauteur de la Yungfrau. Le village Tacora, habité par des Indiens, situé à la base d'un volcan éteint, a une altitude de 4345 mètres.



Dans la république de l'Équateur, la grande ville de Quito est à 2900 mètres de hauteur absolue; la métairie, au pied du volcan d'Antisana (haut de 5833 mètres), s'élève à 4100 mètres. Dans la Nouvelle-Grenade, Santa-Fé de Bogota a encore une altitude de 2660 mètres. Mexico est à 2275 mètres, et un grand nombre de villes du plateau mexicain sont à 2000 mètres au-dessus du niveau de l'Océan.

Ainsi l'homme s'habitue à vivre dans un air étrangement raréfié. Ce qui est un air rare et léger pour l'Européen des plaines, n'est que de l'air à sa densité ordinaire pour l'habitant des plateaux du Mexique ou des Cordillères.

## IV

Montagnes de l'Asie. — Ascension de l'Ibi-Gamin, par MM. Adolphe et Robert de Schlagintweit, le 19 août 1855. — Tableau des montagnes les plus élevées de l'Asie. — Le Gaurisankar et le Kunchinjanga.

Le point le plus élevé de la terre que l'homme ait pu atteindre, la région la plus haute que son pied ait foulée, se trouve dans l'Asie centrale, sur la chaîne de l'Himalaya. Le 19 août 1855, les frères Schlagintweit, célèbres voyageurs bavaois, dont l'un devait bientôt périr au milieu de ses voyages, victime de son zèle scientifique, atteignirent, sur le pic *Ibi-Gamin*, la hauteur de 6786 mètres.

Voici le récit de cette ascension exécutée par MM. Adolphe et Robert de Schlagintweit. Nous traduisons, d'après l'écrit original anglais que M. Hermann de Schlagintweit a bien voulu nous confier. C'est un rapport adressé par les deux voyageurs au gouverneur de l'Inde.

« Nous quittâmes, disent MM. Adolphe et Robert de Schlagintweit, Milum le 6 juillet, accompagnés de Mani, et d'une suite assez nombreuse, parce qu'il fallait envoyer nos bagages à Niti par une autre route. Après avoir traversé le col d'Outa-Dhoura, nous montâmes avec peu de monde au passage de Janti, élevé de 5688 mètres au-dessus du niveau de la mer. Nous y restâmes trois jours, profitant de l'occasion pour faire diverses expériences à une si grande hauteur. De là, nous allâmes à Laptel, où les autorités tibétaines, à notre grand désagrément, nous firent l'honneur de nous attribuer une garde de neuf Houniahs, lesquels s'ingénièrent à nous empêcher de franchir la barrière de montagnes qui nous séparait encore du Tibet proprement dit. Force nous fut d'y rester trois jours; là, comme à Janti, nous pûmes faire une collection assez présentable de fossiles depuis l'époque silurienne jusqu'à la période jurassique.

« Dans l'espoir de tromper la surveillance de notre garde d'honneur, nous nous mîmes en route pour Niti, et ayant fait une halte le 16, nous essayâmes de nous échapper dans la nuit suivante. Laissant en arrière tout notre camp, et ne prenant avec nous que quatre cavaliers et quatre chevaux chargés de provisions et des instruments les plus nécessaires, nous marchâmes pendant toute la nuit et la journée suivante; le

soir, nous arrivâmes dans la plaine d'alluvion qui remplit la large vallée du Sutledge. Nous nous croyions déjà en sûreté, et nous étions sur le point de choisir une petite vallée latérale pour y passer la nuit, quand nous vîmes notre garde à cheval accourir sur nos pas. Mani nous conseilla de ne leur laisser voir aucune inquiétude. Ils s'approchèrent en criant et vociférant; les deux premiers arrivants firent mine de saisir les brides de nos chevaux. Nous répondîmes par quelques vigoureux coups de nos fouets de chasse qui leur cinglèrent le visage et les surprirent beaucoup; ils sautèrent à terre, saluèrent, et nous dirent qu'ils étaient nos amis (ils avaient reçu quelques roupies à Laptel), mais qu'ils avaient reçu des ordres sévères de ne pas nous perdre des yeux. Comme motif de ces ordres, ils alléguaient la guerre avec le Népal, et la crainte des autorités d'avoir à répondre de tout ce qui pourrait nous arriver de la part des brigands. Nous envoyâmes l'un de nos gens à Daba pour prier le chef tibétain de venir s'entendre avec nous; mais il nous expédia le lendemain son principal clerc pour nous persuader qu'il était absent. Nous dûmes reconnaître qu'il nous serait impossible de pousser jusqu'à Mansarawr; mais nous pouvions essayer de pénétrer jusqu'à Gartok, dans la vallée supérieure de l'Indus. Après des négociations infinies, aidées par force roupies, eau-de-vie, etc., nous pûmes obtenir la permission d'aller jusqu'au Sutledge, en signant une convention qui nous accordait un séjour de trois jours sur les bords de cette rivière, mais nous imposait une amende de 600 roupies (1400 fr.) pour le cas où nous la franchirions.

« En conséquence, nous nous mîmes en marche, et nous atteignîmes le Sutledge près de sa jonction au Gyonngoul. Nous y étions depuis deux jours, occupés d'observations astronomiques et autres, lorsque le Bara-Mani vint nous rejoindre et nous offrir sa protection. Il est l'homme le plus riche de Milum, et possède une grande influence. Le chef de Daba était son ami et lui devait quelques milliers de roupies. A force de menaces et de prières, il obtint pour nous la permission d'aller jusqu'au passage de Chaco-La, qui se trouve dans la chaîne qui sépare le Sutledge de l'Indus. Nos gardiens s'adoucirent de plus en plus, et quelques chinoiseries que nous leur achetâmes des prix fous achevèrent de leur donner bonne idée de nous. On nous avait accordé de rester cinq à six jours à Chaco-La, et les deux Mani s'étaient portés garants de notre obéissance en s'engageant à payer une forte somme en cas de contravention. Nous n'étions accompagnés que de deux hommes, les autres préféraient rester au pied de la montagne. Nous étions arrivés au passage du Chaco-La le 26, et nous nous empressâmes d'y établir notre camp.

« Dans la matinée du 27, nous nous remîmes en marche. Un grand nombre d'indigènes traversaient le col avec leurs troupeaux de brebis. Pour éviter d'éveiller des soupçons, nous avions laissé en arrière notre tente, nos bagages et l'un de nos serviteurs. Deux chevaux portaient notre théodolite, l'appareil hypsométrique et quelques provisions. Nous disions aux passants que nous avions seulement l'intention de monter sur une montagne voisine, pour y étudier la boussole. Ayant traversé le col, nous nous enfonçâmes dans une vallée latérale; mais quelle fut notre surprise d'apercevoir au fond de cette vallée une centaine de Hou-

nials tout armés ! Nos gens furent terrifiés ; ils disaient que ces hommes étaient envoyés par le résident de Gartok pour nous capturer, etc. Nous nous cachâmes dans une caverne, et l'un de nos serviteurs fut envoyé aux informations. Les Houniahs le découvrirent et l'entourèrent. A l'aide d'une lunette, nous pûmes voir qu'une grande agitation régnait en bas ; on visita son cheval et on lui avait pris son fusil. Heureusement, au bout d'un certain temps, il fut relâché ; il avait trouvé parmi ces hommes un sien ami, qui l'avait tiré d'affaire.

« Le soir, nous descendîmes dans un autre petit vallon, situé sur la limite des arbustes. La nuit fut mauvaise. Privés de notre tente et n'ayant pour nous abriter contre le froid que quelques couvertures, nous nous étions couchés aussi serrés que possible les uns contre les autres. Le matin, nous nous trouvâmes couverts d'une couche de neige de près d'un décimètre d'épaisseur. Mais le soleil fit bientôt disparaître la neige qui était tombée la nuit, et nous constatâmes avec plaisir que la plupart des Houniahs étaient partis. Le temps se remit au beau, et dans l'après-midi nous nous trouvâmes dans la vallée de l'Indus, à quelques kilomètres au-dessus de Gartok.

« Une colline, située sur le côté gauche de la vallée, nous offrit un excellent coup d'œil sur cette vaste dépression et sur les montagnes qui la bordent au nord-est. Nous en avons profité pour faire quelques dessins. Le 28, nous atteignîmes l'Indus, mais le manque de vivres nous força de retourner à notre camp, où nous rentrâmes à la nuit. Le lendemain, nous fîmes l'ascension d'un pic de cette chaîne, le Gounchankar, élevé de près de 6000 mètres, qui, en vertu de sa position isolée, offrait une excellente station pour étudier le relief orographique de la contrée. La vue qu'on a du sommet de cette montagne est vraiment magique : au nord, des pics neigeux qui bordent la vallée de l'Indus ; à droite, à nos pieds, s'étendait la vaste plaine des deux lacs sacrés du Tibet ; au sud, l'Himalaya avec ses cimes blanchâtres qui se perdaient au loin. Le 30, nous retournâmes au Sutledge, et de là à Daba. Peu à peu nous avons gagné la confiance des indigènes ; ils nous montraient l'intérieur de leurs temples, nous donnaient des livres, etc., et exprimaient toujours leur étonnement de nous trouver beaucoup meilleurs que notre réputation d'Européens. Tous les jours nous avions du lait frais, des moutons, etc.

« Nous allâmes ensuite plus au sud, au pied du grand glacier d'Ibi-Gamin (c'est le véritable nom tibétain du Kamet). Vu du Gounchankar, ce pic dépasse tous les sommets de l'Himalaya, et nous avons formé le dessein d'en tenter l'ascension. Munis de haches, de cordes et de tout ce qu'il fallait pour avancer sur la glace, nous quittâmes notre camp au pied du glacier le 16 août. Nous fûmes surpris de trouver que la montée était fort longue.

« L'Ibi-Gamin est un glacier très-beau et très-régulier ; il rappelle le glacier de l'Aar, mais il est bien plus grand. Plus nous avançons, plus le sommet semblait fuir devant nous. Pendant trois jours nous montâmes en faisant de nombreuses haltes, et dormant sur les moraines. Le troisième jour, nous avons campé au pied même du pic Ibi-Gamin, à une élévation de 6770 mètres, où se termine la vallée du glacier. Nous avons



avec nous quatorze hommes. Au lieu de bois, nous étions réduits à brûler une espèce d'herbe que l'on rencontre sur la montagne, au pied du glacier. La nuit du 18 au 19 avait été froide, et il y avait eu beaucoup de vent, mais la matinée était belle, et nous résolûmes d'essayer de nous avancer sur le pic même. Huit de nos gens seulement consentirent à nous accompagner; les autres étaient abattus, se lamentaient et disaient que nous allions tous périr. Nous commençâmes aussitôt l'ascension du flanc très-raide de l'Ibi-Gamin, en marchant sur une couche de neige remplie de crevasses qui nous obligeaient à faire beaucoup de détours. A deux heures, il n'y eut plus moyen de nous avancer plus loin : deux de nos gens, atteints du mal des montagnes, étaient restés en arrière, et nous-mêmes nous nous sentions fatigués et épuisés, comme cela ne nous était encore jamais arrivé. La vue qui s'offrait à nos regards n'était pas très-étendue, des nuages nous enveloppaient sans cesse, mais parfois une éclaircie nous révélait les chaînes des glaciers qui entourent l'Ibi-Gamin. Le plus haut point atteint par nous est élevé de plus de 6770 mètres; nous avons trouvé par le calcul sa hauteur absolue égale à 6786 mètres.

« Vers deux heures, un vent assez fort commença à souffler du côté du nord, et nous dûmes songer à revenir sur nos pas. Il prenait plus de force à mesure que nous descendions, et nous fûmes fort contents d'arriver tous sains et saufs à notre camp dans la soirée. Le pic Ibi-Gamin se montra encore plusieurs fois au milieu des nuages, coloré par les feux du soleil couchant, et on pense bien que ce ne fut pas sans une vive satisfaction que nous jetâmes un coup d'œil en arrière sur notre route, que l'œil pouvait encore suivre jusqu'au plus haut point. Nous étions déjà faits au séjour des grandes hauteurs, surtout par notre voyage dans le Tibet; mais cette fois personne n'était resté intact. Nous éprouvâmes tous des maux de tête et nous souffrîmes des yeux, surtout à cause du vent qui nous enveloppait dans un tourbillon de neige très-divisée. La nuit fut encore mauvaise. Il ne nous restait plus guère de quoi allumer du feu; le vent menaçait de déchirer notre tente, le froid était intense. Tous nos gens, à l'exception d'un seul homme, avaient perdu courage et même la faculté de penser. Vers neuf heures du matin, le froid avait diminué, et nous repartîmes pour notre deuxième campement, qui était mieux abrité.

« Ce jour-là, nous faillîmes perdre l'un de nos serviteurs. Dolpa, natif de Milum, homme très-précieux, qui avait été atteint la veille d'une hémorragie. Nous le faisons accompagner dans la descente par un autre homme; mais celui-ci arriva peu après nous, et déclara qu'il avait perdu l'autre dans une tourmente de neige. Nous envoyâmes d'abord deux, ensuite trois de nos hommes à sa recherche, mais sans succès. Le lendemain, deux hommes restèrent en arrière, afin de continuer les recherches; mais ce fut en vain.

« Nous étions déjà depuis trois jours à Mana, et nous avions fait un arrangement avec la famille du pauvre homme que nous croyions mort, quand il nous revint comme par miracle. Il avait été couché entre deux blocs de pierre d'une moraine, où on ne pouvait pas le voir; le deuxième jour, il s'était mis à descendre lentement, mais il était arrivé au campement, quand les deux hommes laissés en arrière l'avaient déjà quitté, et le malheureux était alors resté trois jours sans nourriture dans ces

solitudes glacées. Enfin, il avait rencontré des indigènes de Mana qui l'avaient recueilli et ramené. Il était dans un état pitoyable, ses pieds étaient gelés. Il se rétablit pourtant peu à peu. Dans l'après-midi du 20, le temps se remit au beau. Nous complétâmes nos relèvements topographiques. Du bois et quelques provisions que Mani nous avait envoyées de la station inférieure où il nous attendait, contribuèrent à rétablir les forces de notre monde.

« Le grand glacier d'Ibi-Gamin fait encore partie du Tibet. Pour aller à Badrinath, il nous restait un col de glacier à traverser. Nous avons entendu parler de ce passage (qui est très-différent du passage ordinaire de Mana) par un des *coulics* qui nous accompagnaient. Il nous disait qu'on l'avait autrefois traversé avec des troupeaux, mais qu'il était entièrement désert aujourd'hui, et que personne de sa connaissance n'y avait été. Cependant il savait à peu près la direction, et il offrit de nous y conduire.

« Le 21, nous recommençâmes de monter sur la branche occidentale du grand glacier, et nous dormîmes sur la plus haute moraine. Le 22, par un temps clair, nous continuâmes notre route, et après quelques détours et erreurs nous atteignîmes le passage à deux heures. Il était plus haut et bien plus difficile à aborder que nous n'avions cru. C'est certainement l'un des passages les plus élevés de l'Himalaya : il a une altitude de 6227 mètres au-dessus du niveau de la mer. Nous étions cependant très-heureux d'avoir trouvé un passage quelconque, parce que sans cela nous aurions été obligés de faire un long et ennuyeux détour en descendant jusqu'au pied du glacier et tournant la Mana-Ghat. Du point le plus haut de ce col, nous découvriions un grand glacier qui s'étendait au sud-ouest, et devant nous s'étalait une rangée de montagnes. Ce glacier était celui de Soursoutti; nous descendîmes le long de sa pente et passâmes la nuit encore sur une moraine, dans un endroit où on trouvait un peu d'herbes sèches. Pour entretenir le feu qui faisait cuire le diner dont nous avons tous grand besoin, nous étions réduits à casser nos bâtons, les poteaux de la tente, etc. Le 23, nous étions à Soursoutti, au pied du glacier, dans la vallée qui conduit à Mana. Nous pouvions maintenant comprendre pourquoi le passage du glacier était abandonné par les indigènes; il est cent fois pire que le passage du Pindari, et de plus, éloigné de toute habitation, dénué de toute ressource.

« Le lendemain, nous eûmes la joie de rencontrer des gens qui allaient au Tibet, et qui nous donnèrent un peu de leur riz. Dans la soirée du 24, nous étions à Badrinath, où notre arrivée était attendue avec anxiété. »

Tel est le récit des deux voyageurs bavaois. Un an après cette mémorable ascension, l'un des deux frères, Adolphe Schlagintweit, parcourant de nouveau ces mêmes régions, et reconnu pour Européen, périssait sous les poignards. Le gouvernement indigène a fait frapper en 1862 une grande médaille en l'honneur de Hermann Schlagintweit. Elle représente ce voyageur dans son costume d'explorateur de l'Himalaya. La médaille ne

contient qu'un mot, mais ce mot est éloquent : *Sakuenluenski*.

« *Celui qui a passé le Kuen-Luen.* »

Si l'on se rappelle que la hauteur du Mont-Blanc est de 4811 mètres, on voit par l'ascension qui vient d'être racontée, et dans laquelle les frères Schlagintweit atteignirent, sur l'Ibi-Gamin, la hauteur de 6786 mètres, que le baromètre a été porté 2000 mètres plus haut que sur le Mont-Blanc. L'altitude des chaînes de montagnes de l'Asie est d'ailleurs bien supérieure à celle des montagnes de l'Europe, et l'on peut dire, en général, que le géant des Alpes est peu de chose, si on le compare à divers points des Cordillères en Amérique, et de l'Himalaya en Asie. Dans la chaîne du Tibet, en Asie, les hauteurs moyennes des cols ou passages sont évaluées, par les frères Schlagintweit, entre 5200 et 5700 mètres.

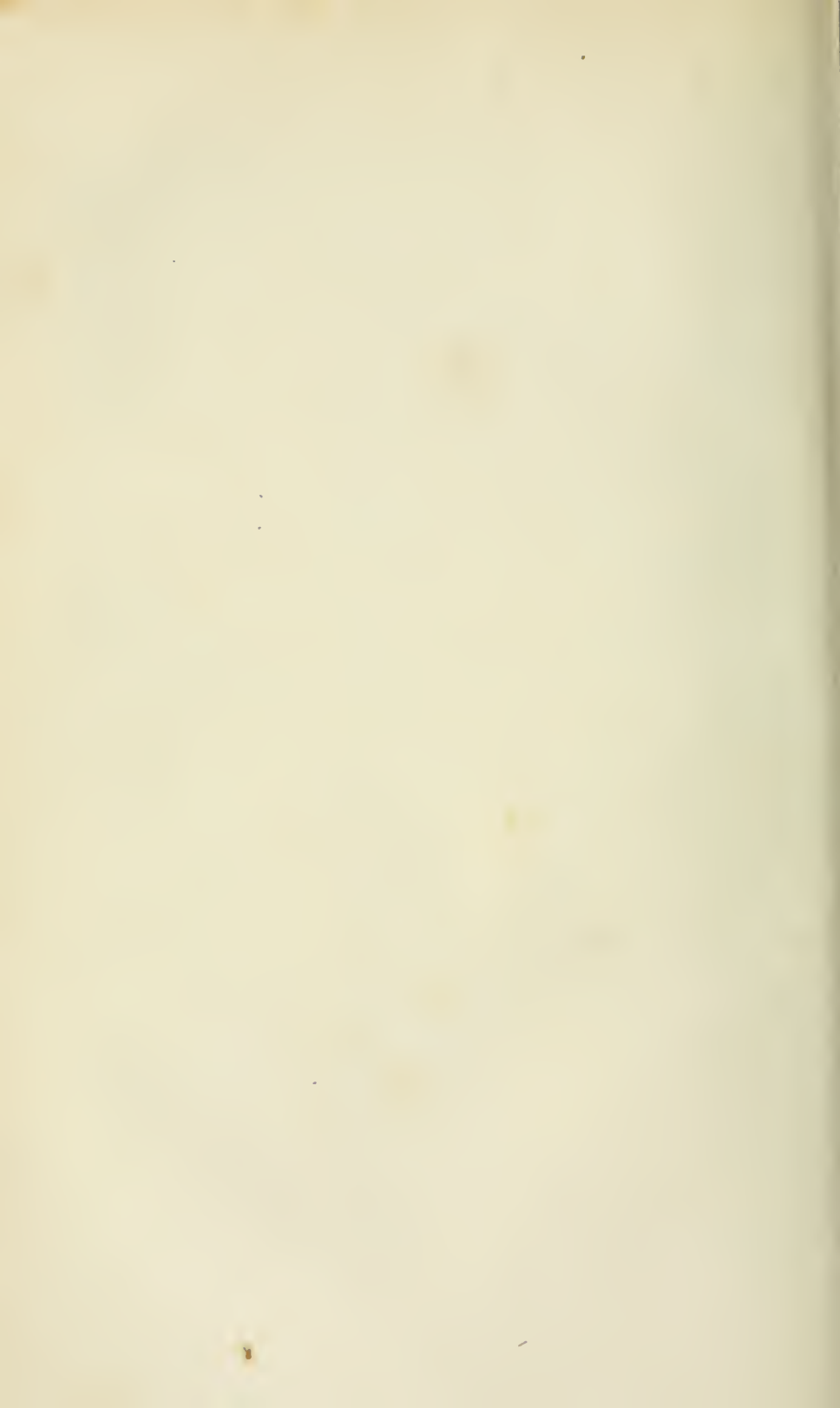
La carte placée en regard de cette page représente le panorama des montagnes les plus élevées de l'Asie. Le tableau suivant renferme les altitudes de ces montagnes.

		Mètres.
Ida (Kaz-Dagh).....	Turquie.....	1505
Boulgar-Dagh.....	Taurus (Turquie).....	2100
Pic de Kaisariéh.....	<i>Ibid.</i> .....	3840
Djebel Makmel.....	Liban (Syrie).....	2905
Djebel Musa (Sinaï) ...	Syrie.....	2745
Elbrouz.....	Caucase (Circassie).....	5640
Kasbeck.....	<i>Ibid.</i> .....	5040
Ararat.....	Arménie.....	5350
Demavend.....	Perse.....	6550
Kar-Konch.....	Oural (Russie).....	1600
Pontichhour.....	Bolor-Tag (Turkestan).....	5845
Dapsang.....	Karakoroum (Tibet occidental) ..	8625
Djawahir.....	Himalaya (Népal).....	7845
Dawalaghiri.....	<i>Ibid.</i> .....	8180
Sihsour.....	<i>Ibid.</i> .....	8473
Kinchinjanga.....	<i>Ibid.</i> .....	8588
Gaurisankar.....	<i>Ibid.</i> .....	8840
Yun-Ling.....	Chine.....	4895
Kuen-Luen.....	<i>Ibid.</i> .....	6700
Nan-Ling.....	<i>Ibid.</i> .....	
Fusi-No-Yama.....	Volcan du Japon.....	3793
Altaï.....	Sibérie.....	3270
Jablonai.....	<i>Ibid.</i> .....	4550
Kliutshi.....	Volcan de Kamtchatka.....	4800
Taddian-da-Malla.....	Ghattes (Inde).....	1730
Samanala (pic d'Adam)..	Ceylan.....	1950









Si l'on veut se faire une idée assez nette de la configuration orographique de l'immense continent de l'Asie, il faut considérer la grande élévation centrale comprise entre les deux systèmes de l'Himalaya et de l'Altaï. Cette vaste *intumescence* du sol, comme l'appelle d'une manière expressive de Humboldt, s'étend dans la direction du sud-est au nord-ouest, à travers le Tibet et la Mongolie. Quatre grandes chaînes courent de l'ouest à l'est, dans le sens des latitudes terrestres. Au nord, à la frontière de la Chine et de la Sibérie, s'élève le groupe de l'Altaï; au sud, la ceinture imposante du Karakoroum et des monts Himalaya, où l'on découvre les plus hautes cimes du monde. Les deux chaînes intermédiaires, en allant du nord au sud, sont les Thian-Chan, ou *montagnes Célestes*, et le Kuen-Luen, qui se termine à l'ouest par le Tsoungling; elles vont rejoindre, à l'occident, la chaîne du Bolor-Tag (*montagnes du Brouillard*).

Les *montagnes Célestes* semblent se continuer par delà le grand bassin aralo-caspien, dans le Caucase, qui borde à l'orient la mer Noire. La Sibérie est séparée de la Russie d'Europe par les monts Ourals, qui s'étendent du nord au sud: les rives de l'Inde portent les Ghattes occidentales et les Ghattes orientales, qui forment au sud les plateaux des Neilgherris, ou *montagnes Bleues*. Enfin, la Turquie d'Asie est traversée par le Taurus et le Liban.

L'élévation de la ligne de faite, ou hauteur moyenne des cols, est, d'après MM. Schlagintweit :

	Mètres.
Pour l'Himalaya.....	5430
Pour le Karakoroum.....	5700
Pour le Kuen-Luen.....	5180

Ces chiffres sont plus élevés que ceux qu'a donnés A. de Humboldt. Ce dernier évalue à 80 mètres environ la hauteur primitive des basses terres de l'Asie. Le plateau chinois a une élévation de 1500 mètres; l'intumescence qui renferme le Tibet a une altitude de 3500 mètres en moyenne. La répartition de toutes les montagnes et de tous les plateaux élevés sur la surface totale de l'Asie produirait un exhaussement qui porterait la hauteur moyenne de ce continent à plus de 350 mètres. Elle est plus considérable que la hauteur moyenne de l'Amérique ou de l'Europe.

Le versant occidental du Bolor-Tag renferme le célèbre plateau de Pamir, que les Kirghiz nomment le *Toit du Monde*. Le premier voyageur qui en ait parlé est le Vénitien Marco Polo.

« Là, dit-il, se trouve une plaine, où il y a un fleuve moult bel et la meilleure pasture du monde, car une maigre jument y deviendroit bien grasse en dix jours. On y chevauche toujours montant pendant douze journées, durant lesquelles on ne rencontre nulle habitation ni nul herbage, fors le désert. Nul oiseau n'y a, pour le haut lieu et froit qui y est. Et si vous di que le feu pour cel grant froit n'y est pas si cler ne de tel chaleur comme en autre lieu, ne se peuvent pas si bien cuire les viandes. »

Ce plateau est le nœud central d'où rayonnent les chaînes de montagnes tibétaines. Le fleuve Amou, l'ancien Oxus, y prend naissance et va se jeter ensuite dans le lac Aral. En février 1838, le capitaine Wood visita ces lieux déserts, et il trouva à 4760 mètres d'altitude le lac Sir-i-Kol, grande et belle nappe d'eau en forme de croissant, d'où sort l'Amou-Daria. Les montagnes d'alentour alimentent plusieurs des principales rivières de l'Asie, le Yarkand, le Sin, etc. Voici en quels termes le capitaine anglais rend compte de ses impressions :

« L'aspect du pays présentait l'image d'un hiver dans toute sa rigueur. Partout où le regard se portait, une couche éblouissante de neige couvrait le sol comme un tapis, tandis que le ciel au-dessus de nos têtes offrait une couleur sombre et désolante. Des nuages eussent reposé les yeux; mais il n'y en avait nulle part. Pas un souffle ne s'agitait sur la surface du lac: pas un animal vivant, pas même un oiseau ne se montrait à la vue. Le son d'une voix humaine eût été une musique harmonieuse à l'oreille, mais aucune, en cette saison inhospitalière, ne s'aventurait dans ces domaines glacés. Le silence régnait tout autour de nous: un silence si profond, qu'il oppressait le cœur. »

Pendant l'été, tout est changé; alors une herbe fraîche et nourrissante couvre la plaine et attire les tribus de pasteurs.

L'élévation générale du plateau tibétain est si considérable qu'on ne rencontre guère de villages au-dessous de 2000 mètres que dans sa partie occidentale, le Balti. Aussi la population y est-elle fort clair-semée; elle a le plus de densité entre 2700 et 3300 mètres d'altitude. Le Tibet offre, sans aucun doute, les lieux habités les plus élevés du globe; nulle autre part l'homme ne séjourne à des hauteurs aussi prodigieuses. Ce sont ordinairement des couvents de bouddhistes qui s'élancent dans ces

hautes régions: le plus ancien de ces couvents doit être Hanlé ; il a 4607 mètres de hauteur absolue. Il existe probablement quelques autres couvents à la même altitude, dans le Gnari-Korsum, sur les bords des lacs Manasarowa et Ravana-Prada. Remarquons qu'en Europe le plus haut point habité est également un couvent (l'hospice du Saint-Bernard).

Le Tibet a ses *villages d'été*, comme l'Himalaya. Mais si dans l'Himalaya ces habitations ne dépassent jamais l'altitude de 3600 mètres (Kidarnath), elles s'élancent dans le Tibet jusqu'à 4860 mètres (Norbou). D'après MM. Schlagintweit, Gartok (4600 mètres) est le plus important de ces villages d'été ; tous les ans, au mois d'août, il s'y tient une foire qui attire quelques milliers d'indigènes de toutes les parties de l'Asie centrale. Les villages d'été de Norbou (4860 mètres) et de Pougá (4650 mètres) sont situés près de riches gisements de sel et de borax, et servent quelquefois d'abri à des pâtres. Les troupeaux de moutons, avec leurs pasteurs, demeurent quelquefois plusieurs mois (de juin à septembre) à des hauteurs de près de 5000 mètres. Dans les Alpes, les plus hauts pâturages s'arrêtent à 2580 mètres (sur la Fluhalpe, près Findelen).

Dans le Kuen-Luen, le versant sud n'est point habité ; sur le versant nord, les villages d'été atteignent 3100 mètres, les villages constamment habités 2800 mètres (Bouchia). Les troupeaux s'y aventurent jusqu'à 4000 mètres de hauteur au-dessus de la mer.

Voici encore les hauteurs de deux villes tibétaines :

	Mètres.
Leh ou Ladak.....	3500
Lassa.....	3000

La ville d'Erzeroum, en Arménie, est située à une altitude de 1900 mètres, celle d'Ispahan à 1340 mètres.

Les déterminations barométriques des frères Schlagintweit assignent les hauteurs suivantes à quelques lacs du Tibet occidental :

	Mètres.
Aksaé-Ghin.....	5070
Tso-Kar. ....	4780
Lac Kiouk-Kiol.....	4715
Manasarowa ou Tso-Mapma. ....	4650
Ravana-Prada ou Rakas-Tal.....	4650
Les deux Tso-Mognalari (moyenne).....	4280



Dans le Garval, on rencontre un lac au milieu des glaciers, à 5410 mètres de hauteur : c'est le Déo-Tal. A de certains intervalles, le rempart de glace qui le borde se brise, et alors des torrents d'eau inondent le pays inférieur.

Ces lacs du Tibet sont plus salés que les eaux douces ne le sont d'ordinaire. Dans l'Himalaya, les lacs sont plus rares ; celui de Naintal est situé à 2000 mètres de hauteur absolue.

Les passages ou *cols* des montagnes centrales de l'Asie offrent, comme nous l'avons déjà dit, une hauteur moyenne excessive, puisqu'elle dépasse la hauteur des cimes les plus élevées des Alpes. Mais il existe dans l'Himalaya des passages encore plus aériens : celui d'Ibi-Gamin, que MM. Schlagintweit ont traversé en allant du Garval au Gnari-Korsum, a, comme nous l'avons déjà dit, 6230 mètres d'altitude. Vers 1820, des indigènes tentèrent de suivre cette route avec un troupeau de brebis. Mais ils tombèrent entre les mains des brigands qui infestent cette région de la montagne, et les pertes qu'ils subirent les obligèrent à abandonner le passage d'Ibi-Gamin comme route commerciale.

Le col de Masta présente encore une altitude de 5800 mètres. Les indigènes ont l'habitude de placer le long de ces voies des blocs de pierres. Ces pierres, et les nombreux squelettes de bêtes de somme restés en chemin, sont les seules marques de ces routes sauvages.

Les passages de l'Himalaya, qui s'élèvent au-dessus de 4900 mètres, sont fermés par la neige pendant l'hiver, depuis novembre jusqu'en mai, ou même en juin. En décembre 1845, les Chinois y ont livré une bataille près de Tirtapouri, dans le Gnari-Korsum. La garnison de Takla-Khar se sauva par un de ces cols neigeux ; mais la moitié de cette troupe fut tuée par le froid, les survivants eurent les extrémités gelées <sup>1</sup>.

Dans le Karakoroum, les passages sont libres à peu près toute l'année, et les marchands les traversent même en hiver pour aller de Ladak au Turkestan.

Le plus haut pic de l'Himalaya et du monde entier, c'est

1. Cunningham *Ladak*, page 353.

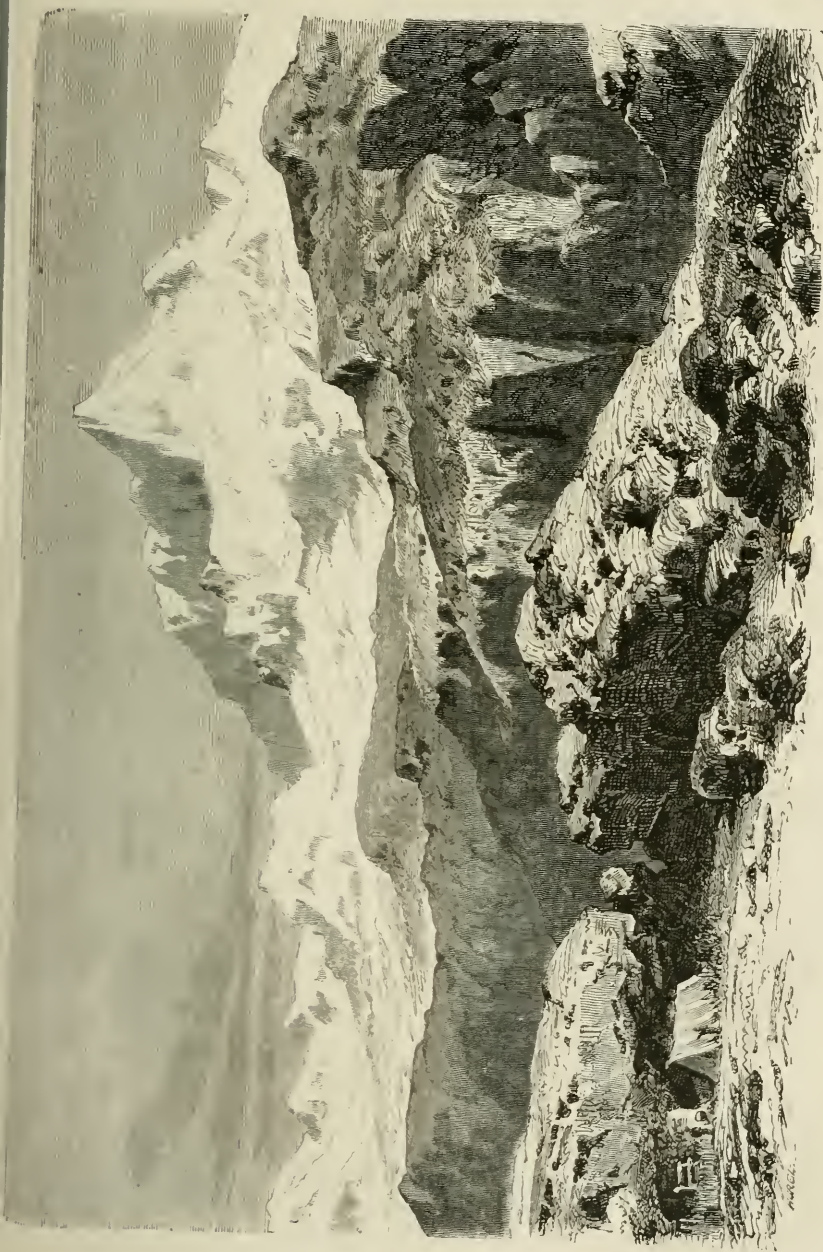


Fig. 37. Le Gaurisankar (Himalaya, montagne la plus élevée du globe).



le *Gaurisankar*<sup>1</sup>, qui a été mesuré trigonométriquement par le major Everest, en 1847. Il a 8840 mètres. La figure 37 représente le Gaurisankar d'après la vue qu'en ont donnée, dans le magnifique atlas de leurs voyages, les frères Schlagintweit.

Immédiatement après, quant à l'altitude, vient le Dapsang, appartenant au système du Karakoroum, qui sépare le Ladak du Yarkand. Ce pic, qui a été mesuré en 1861 par le capitaine Montgomery, officier de l'état-major anglais, a 8625 mètres environ de hauteur absolue.

Les glaciers de l'Himalaya, compris entre le Gaurisankar, qui domine le centre du Népal, et le Kinchinjanga du Sikkim, qui occupe le troisième rang parmi les cimes connues (il a 8588 mètres), présentent un des plus grandioses panoramas qu'il soit donné aux hommes de contempler. L'eau de ces glaciers alimente la rivière Cosi qui vient du nord se précipiter dans le Gange, dont le cours est presque parallèle à cette partie de l'Himalaya. Le Cosi trace un sillon d'argent sur la verdure intense des plaines du Bengale. En remontant du regard ce large ruban qui brille au soleil, on aperçoit à 3 ou 400 kilomètres de distance les contours blanchâtres de ces pics neigeux, se détachant sur le fond d'azur du ciel. Au pied de cette chaîne aérienne s'étend la zone boisée que l'on appelle le *Teray* ou *Tarāi*, d'un mot persan qui signifie *brouillard*. Au commencement et à la fin de la saison des pluies, ces forêts se couvrent d'une brume blanchâtre qui en écarte toute créature vivante. Les bêtes abandonnent ce séjour mortel à la mi-avril et n'y retournent que vers le mois d'octobre.

« Les tigres et les éléphants, lisons-nous dans un ouvrage récent, gagnent la montagne; les singes, les antilopes et les sangliers se jettent dans la plaine cultivée, et les êtres humains, qui, tels que les courriers et les militaires, sont quelquefois obligés de traverser la forêt pendant la mauvaise saison, s'accordent à dire que rien, pas même le cri d'un oiseau, ne trouble l'affreux silence de cette immense solitude, abandonnée à la malaria<sup>2</sup>. »

1. Sir John Herschel lui donne encore les noms de Diodunga et de Chingopamari. On a voulu, plus récemment, en Angleterre, lui donner le nom de *mont Everest*, du nom du major Everest qui en a mesuré la hauteur. Mais le nom de Gaurisankar doit prévaloir, comme étant usité dans le pays.

2. De Lanoye, *Inde contemporaine*.



La seule passe de l'Himalaya praticable pour les touristes est l'échancrure ou ravine par laquelle la rivière sacrée Sutledje se précipite du Tibet dans la plaine méridionale, où elle va alimenter l'Indus. Cette vallée est déprimée jusqu'à moins de 1000 mètres d'altitude. Entre ses parois noires et escarpées, le fleuve n'a guère que 50 mètres de largeur. On le traverse sur des câbles tendus d'un de ces murs à pic à l'autre. Autour du câble, on passe un anneau de bois, auquel les voyageurs s'attachent avec tout leur bagage ; puis on les tire rapidement vers le bord opposé : si le câble venait à se rompre, on tomberait dans le torrent qui gronde et écume au-dessous.

En remontant les rives du Sutledje, on rencontre des paysages frais et fertiles où les Anglais qui habitent l'Inde vont se reposer, pendant l'été, des fatigues et des chaleurs qu'ils ont supportées dans le midi de cette contrée.

L'une des parties les plus pittoresques de la chaîne colossale de l'Himalaya est le district de Sikkim, dominé par le pic de Kinchinjanga. Dans cette étonnante région on trouve réunis les plus grandioses contrastes. Des glaciers règnent au-dessus de la région des neiges ; plus bas, des torrents s'engouffrent dans de profonds abîmes ; plus bas encore et à travers des bois de magnolias, des lacs étendent le miroir de leurs eaux tranquilles au milieu de verts pâturages, peuplés de vaches tibétaines, et de vallons fertiles, habités par des montagnards pasteurs. Le Kinchinjanga se dresse à 6500 mètres au-dessus du plateau de Dorjiling, élevé lui-même de 2100 mètres au-dessus de la mer. Dans la vue que le lecteur a sous les yeux (fig. 38), le Kinchinjanga occupe le fond ; on voit au premier plan à gauche le grand torrent Rungeit, qui se précipite dans un gouffre.

La plume la plus éloquente, dit le botaniste Hooker, le pinceau le plus habile, sont également impuissants à placer sous les yeux les formes et les couleurs de ces monts neigeux, ou à réveiller dans l'imagination les sensations et les pensées qui l'enchaînent tout entière à ces sublimes phénomènes, quand ils se développent dans leur réalité. Rien ne peut rendre la précision et la netteté de leurs lignes, et encore moins les merveilleux effets des couleurs jouant sur les pentes des neiges, les faisceaux lumineux formés par les combinaisons de l'orangé, de l'or et de l'incarnat, les nuages illuminés par le lever du soleil, et enfin la teinte fantastique que revêt le tout au moment du crépuscule. »



Fig. 38. Le Kunchinjanga. (Himalaya).



Ce qu'il y a surtout d'imposant dans l'Himalaya, c'est la largeur de ce système de montagnes, le grand espace qu'il occupe. Dans les Alpes, les cimes forment des bandes assez étroites, les vallées sont ouvertes comme des plaines; ici, au contraire, toute la chaîne est hérissée de cimes, c'est un labyrinthe irrégulier et capricieux de pics noirs, de gouffres abrupts, et de glaciers qui s'entre-croisent dans tous les sens. On rencontre quelquefois des sommités coupées horizontalement comme une table, ou des crêtes ondulées qui se croisent en formant comme des nœuds irréguliers. Le caractère commun de l'Himalaya et des montagnes tibétaines, c'est ce groupement sans ordre qui semble sorti des plus bizarres caprices du hasard.

L'une des montagnes les plus intéressantes de l'Asie est le mont Ararat, situé en Arménie, entre la mer Noire et la mer Caspienne. C'est la montagne volcanique qui, par son soulèvement, provoqua la grande catastrophe géologique qui porte le nom de *déluge de l'Asie*.

On a cru longtemps l'Ararat inaccessible. En 1700, le célèbre botaniste Tournefort fut obligé de renoncer à une tentative d'ascension, après avoir enduré beaucoup de fatigues inutiles. Plus récemment, le pacha de Bajazed envoya une expédition chargée d'escalader l'Ararat. Ces hommes construisirent des tentes échelonnées le long de leur route, et y laissèrent des provisions; mais le froid les força à revenir sur leurs pas avant d'avoir atteint le but de leur mission. Enfin, en 1829, le voyageur Parrot<sup>1</sup> parvint au sommet neigeux de cette montagne, qui est élevée de 5260 mètres. En 1834, il fut imité par M. Autonomoff, qui confirma le récit de son prédécesseur, contesté par le clergé arménien. Des touristes anglais ont escaladé de nouveau l'Ararat en 1857.

La chaîne du Caucase offre encore quelques autres pics très-élevés: tels sont le mont Elbrouz (5640 mètres), le mont Kazbek (5040 mètres). Au sud de la mer Caspienne s'étend la chaîne du Mazenderan, dans laquelle il faut noter le pic de Demavend, près de Téhéran, la capitale de la Perse, auquel on ne donnait que 4485 mètres, d'après lord Schomberg; son altitude réelle est de 6550 mètres.

1. Parrot, professeur à Dorpat, était un Français établi en Russie; sa famille était de Montbéliard.



## V

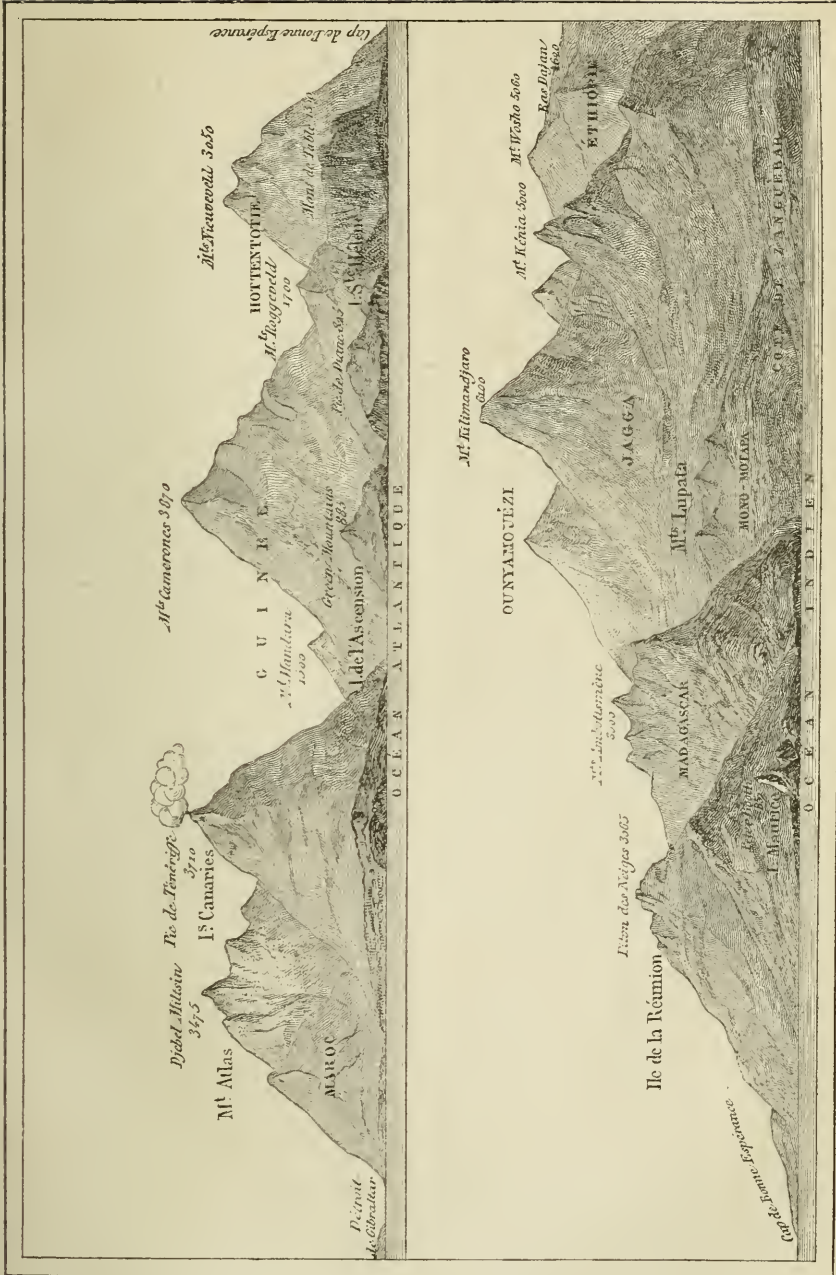
### Montagnes de l'Afrique et de l'Océanie.

Nous réunissons dans le tableau placé en regard de cette page les montagnes les plus élevées du continent africain, et dans la liste suivante les hauteurs de ces montagnes.

	Mètres.
Ras Dajan (Éthiopie) .....	4620
Wosho (Kaffa) .....	5060
Kénia (côte de Zanguebar).....	5000
Kilimandjaro ( <i>Ibid.</i> ).....	6100
Grand Atlas (Maroc).....	3465
Pic de Ténériffe (îles Canaries) .....	3710
Monts du Mandara (Takrouir).....	1500
Monts Camerons (Guinée).....	4000
Piton des Neiges (île de la Réunion).....	3065
Green Mountain (île de l'Ascension) .....	885
Pic de Diane (Sainte-Hélène).....	825
Monts Lupata (Mozambique).....	1950
Mont Ambofismène (Madagascar).....	3500
Nieuweveld (cap de Bonne-Espérance).....	3050
Roggeveld ( <i>Ibid.</i> ).....	1700
Mont de la Table ( <i>Ibid.</i> ).....	1350

Nos connaissances sont encore très-incomplètes relativement aux montagnes de l'Afrique. Le continent africain se termine au sud par une masse rocheuse de grès, superposée au schiste et au granit, qui s'élève de 1000 à 2000 mètres. Cette formation granitique, recouverte par le grès, est très-développée dans l'Afrique méridionale : on y rencontre des murailles escarpées que couronnent d'immenses tables de grès. Le long de la côte orientale s'étend l'escarpement du grand plateau central, qui semble être couronné par quelques sommités neigeuses, les *Montagnes de la Lune*, juste sous l'équateur, entre les lacs Tanganyika et Nyanza. Ce dernier est séparé de la côte par un rempart de montagnes dont le faite semble se rencontrer dans Mombaz, où l'on a découvert presque sous l'équateur les pics neigeux du Kénia et du Kilimandjaro.

# MONTAGNES DE L'AFRIQUE.



Pressé par M. Wilhelm.



D'après le voyageur anglais Livingstone, le plateau de l'Afrique méridionale serait déprimé ou concave à son centre; l'Éthiopie, située au nord de l'équateur, est un plateau étagé par gradins. La côte occidentale n'offre que des élévations peu considérables : ces groupes de montagnes n'atteignent une hauteur respectable qu'au golfe de Guinée, où les monts Camerons dépassent 4000 mètres. Dans l'intérieur, au sud de Tombouctou, le docteur Barth a signalé les monts Homboris (fig. 29), remarquables par leur aspect bizarre.

Le groupe de l'Atlas, qui, au nord de l'Afrique, traverse le Maroc et l'Algérie, se rapproche, par sa direction générale et son élévation, des montagnes de la presqu'île ibérique. Le faite de l'Atlas n'atteint que 4000 mètres. Cette chaîne se continue le long de la côte de Tripoli, où elle semble former une branche rattachée aux Apennins, les montagnes de Sicile étant considérées comme un anneau de la même chaîne interrompue par la mer. La partie moyenne de ce système, qui renferme les montagnes de l'Algérie, domine des régions fertiles et habitées.

L'Éthiopie offre des plateaux considérables, étagés du nord vers le sud. Un voyageur français, M. d'Abbadie, y a mesuré un grand nombre de sommets; nous en citerons quelques-uns : *Abba Yared* (4500 mètres), *Ras Dajan* (4620 mètres), *Buahit* (4510 mètres), *Amadamid* (3600 mètres), *Wariro* (3700 mètres), *Boré* (2600 mètres); enfin le mont *Wosho*, en Kaffa, qui a 5060 mètres. D'après le même voyageur, le lac Tsana est situé à 1900 mètres d'altitude.

Voici encore les hauteurs de quelques villes d'Éthiopie :

	Mètres.
Adoua . . . . .	1965
Gondar . . . . .	2270
Saka . . . . .	1890
Bonga . . . . .	1850

Le mont *Wosho* doit être couvert de neige, puisque M. d'Abbadie a déjà trouvé de la neige sur le *Buahit*, à une hauteur inférieure de 550 mètres à celle du faite des montagnes de Kaffa.

Le P. Knobler, qui a remonté le fleuve Blanc jusqu'à 4° de latitude nord, a vu à l'horizon sud des chaînes de montagnes qui semblaient très-élevées et neigeuses; mais ces fameuses montagnes équatoriales ont passé longtemps pour un mythe.



Deux missionnaires anglais constatèrent pour la première fois, en 1848, l'existence sous l'équateur de cimes neigeuses portant les noms de *Kénia* et *Kilimandjaro*. M. Rebmann avait vu lui-même cette dernière au mois de mars 1848, et, plusieurs fois depuis, M. Krapf avait vu cette cime couverte de neige au mois de novembre de l'année suivante. Aucun de ces deux voyageurs ne tenta une ascension ; mais les indigènes leur ra-

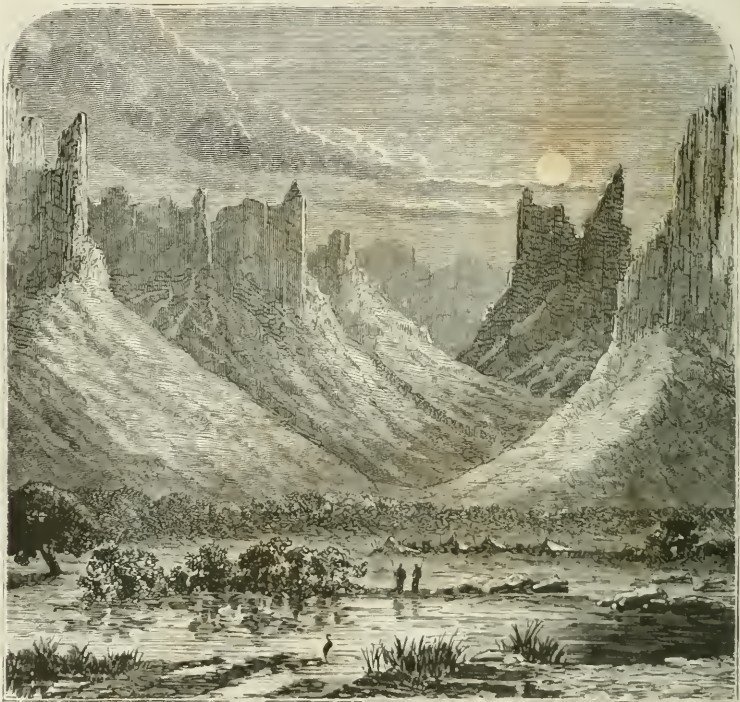


Fig. 39. Monts Homboris.

contaient qu'ayant visité la montagne et emporté un peu de la matière blanche qui s'y trouvait, ils avaient été surpris de la voir se transformer en eau. Plusieurs d'entre eux étaient revenus avec les mains et les pieds gelés, ce qu'ils attribuaient aux mauvais esprits.

Les récits des deux voyageurs rencontrèrent tout d'abord beaucoup d'incrédulité. Mais, en 1862, la *Société de géographie*

de Londres a reçu la confirmation complète des assertions de MM. Krapf et Rebmann, par deux autres voyageurs, feu M. Thornton, géologue anglais, et le baron Von der Decken, qui ont donné une description authentique de la montagne équatoriale. MM. Von der Decken et Thornton ont fait une esquisse de leur route depuis la côte de Mombaz jusqu'à la chaîne dont le Kilimandjaro est le sommet. Ils en ont fixé la hauteur à 6100 mètres, au moyen d'une suite de triangles. mais ils n'ont pu en faire qu'une ascension incomplète; ils ont dû s'arrêter à une hauteur de 2500 mètres. Plus tard, M. Von der Decken a fait une nouvelle ascension, dans laquelle il est parvenu à 4000 mètres. Il fut surpris, à cette hauteur, par une chute abondante de neige.

L'aspect du Kilimandjaro varie beaucoup suivant le point de vue où l'on se place. En général, c'est un cône à base très-large. A quelque distance au nord-est, s'élève un autre cône à environ 5200 mètres; à 90 kilomètres vers l'ouest, on aperçoit le pic Mérrou, haut d'environ 5500 mètres. Du côté de l'est, le Kilimandjaro offre l'aspect d'un cône tronqué : la neige le couvre comme une épaisse calotte, une langue de neige descend du côté du sud, et plusieurs filets de neige remplissent les ravins ou sillons le long des flancs de la montagne. La pente, très-escarpée du côté sud, ne permet pas à la neige de s'accumuler, et l'on en voit souvent des quantités rouler vers le bas. M. Thornton croit que le Kilimandjaro est la partie nord-est d'un ancien volcan, dont la partie sud-ouest se serait affaissée; il en trouve les débris dans une montagne très-rocheuse qui se trouve à peu de distance du faite actuel. Bien loin au sud-ouest on aperçoit par un temps clair trois aspérités très-élevées, de forme conique, appartenant probablement à la chaîne centrale.

Les îles africaines offrent aussi quelques élévations remarquables. Les monts Ambotismènes, à Madagascar, atteignent 2500 mètres; le piton des Neiges, à l'île Bourbon, et le pic des Açores ont 3000 mètres; le pic de Fuego, dans une île du cap Vert, et les trois Salasses, à Bourbon, s'élèvent encore à 2400 mètres.

La plus haute de ces cimes est le *pico de Teyde*, à l'île de Ténériffe, grand cône de verdure qui se termine par un autre

cône de neige (fig. 40). Le pic de Ténériffe, dont la hauteur est de 3710 mètres, a été longtemps considéré comme le plus haut point du monde. C'est pour cette raison que les Hollandais l'avaient choisi pour y faire passer leur premier méridien.

Terminons l'étude des montagnes de la terre par quelques mots sur les reliefs de l'Océanie.

Voici la côte des plus grandes altitudes de l'Océanie<sup>1</sup> :

	Mètres.
Ophir (île de Sumatra).....	3950
Simiron (île de Java).....	3900
Gede Tagal (Volcan, <i>ibid.</i> ).....	3245
Montagnes Bleues (Australie).....	2000
Sommet de Ceram (Moluques).....	2600
Pic dans l'est de la Nouvelle-Guinée.....	4870
Mouna-Roa (Hawaii).....	4840
Tobreonou (Taïti).....	3320
Mont Egmont (Nouvelle-Zélande).....	2535
Mont Cook ( <i>ibid.</i> ).....	3700
Ruapehou.....	2700
Èrèbe (mer du Sud).....	3700

Le relief du continent d'Australie est encore très-peu connu. Il paraît que c'est en général une terre basse, renfermée entre des chaînes côtières d'élévation assez médiocre. La partie la plus haute est peut-être le bord sud-est, le pays de la Nouvelle-Galles. De ce point, la chaîne des montagnes Bleues court au nord, le long de la côte orientale du continent. Elle a été traversée, pour la première fois, en 1813, par le voyageur anglais Evans. On dit qu'elle renferme des pics qui atteignent 3000 mètres.

Les îles de la mer du Sud sont couvertes de montagnes volcaniques, parmi lesquelles on cite le Mouna-Roa de Hawaii.

1. Voir le tableau des plus hautes montagnes de l'Asie, p. 156.



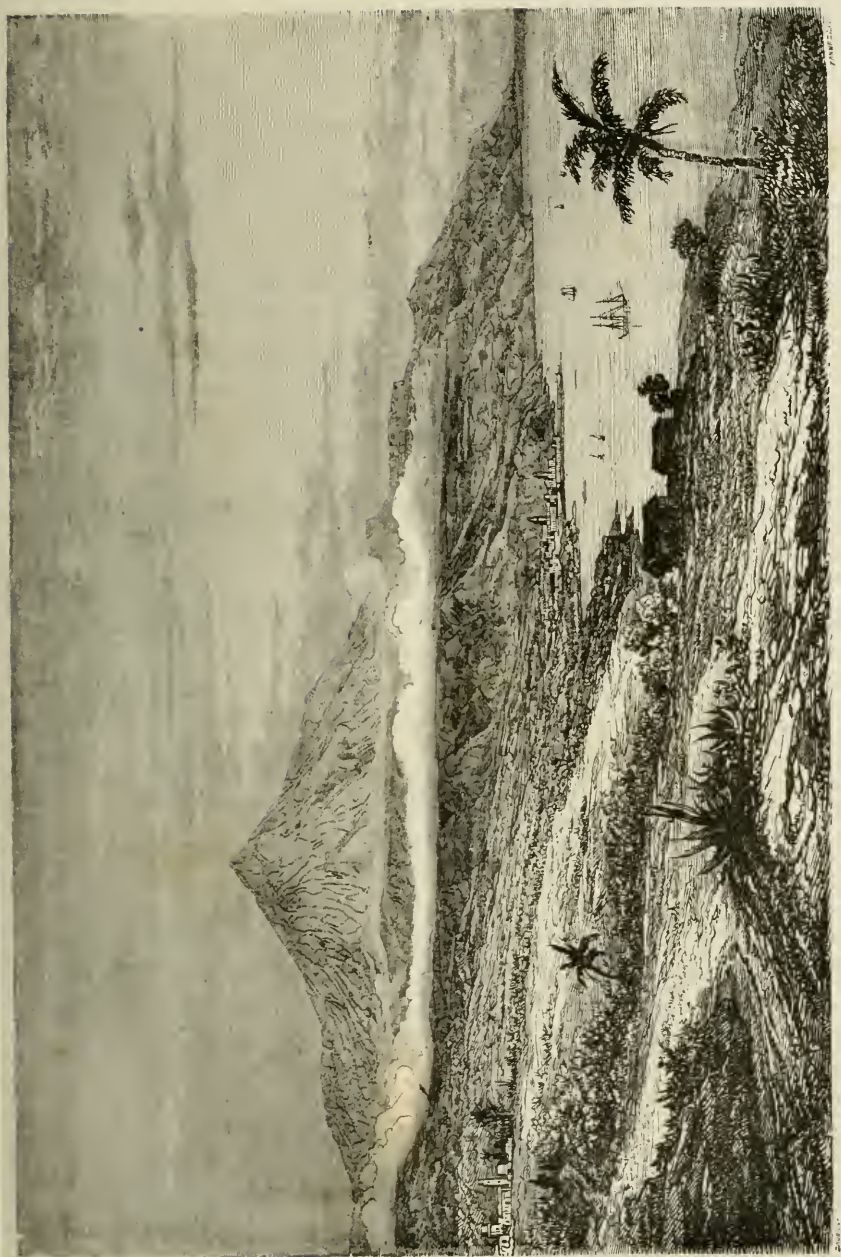


Fig. 40. Pic de Tenerife.





## VI

Les vallées, les cols et les gorges de montagnes.

On appelle *vallée* une dépression du sol existant entre deux montagnes, collines ou plateaux voisins. La forme et l'origine de ces dépressions sont extrêmement variées. Les vallées sont très-étroites et ressemblent à de véritables fentes du sol, si les montagnes qui les encaissent sont très-rapprochées. Quand les montagnes sont à de grandes distances, les vallées s'élargissent jusqu'à former des plaines.

Si l'on considère leur origine géologique, il faut distinguer les *vallées d'affaissement*, de *déchirement*, de *séparation* et d'*érosion*.

Les premières sont dues aux tremblements de terre, c'est-à-dire aux grandes oscillations qui ont autrefois ébranlé le sol; on y voit se continuer en pente douce les couches qui forment les élévations latérales (fig. 41).



Fig. 41. Vallée d'affaissement.

Les vallées de *déchirement* sont nées de la brusque rupture de deux ou plusieurs couches de terrains, rupture ordinairement produite par l'action d'un tremblement de terre, comme on le

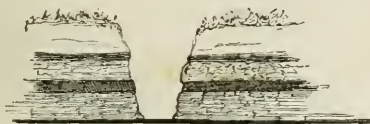


Fig. 42. Vallée de déchirement.

voit dans la figure 42. Les couches se correspondent et continuent dans les deux murailles disjointes.

Une vallée résulte quelquefois du soulèvement d'une masse éruptive entre deux couches; elle présente alors la forme suivante (fig. 43).

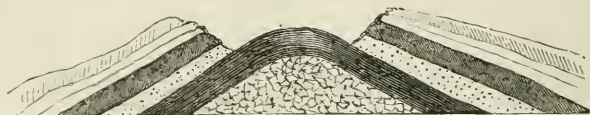


Fig. 43. Vallée de déchirement avec soulèvement.

Les vallées de *séparation* peuvent aussi être formées par la perte ou l'usure d'une couche de terrain qui était autrefois superposée aux autres couches (fig. 44).

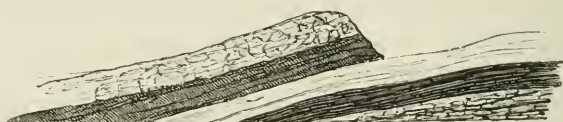


Fig. 44. Vallée de séparation.

C'est l'action des eaux torrentielles ou diluviennes qui a façonné ce genre de vallée.

Les *vallées d'érosion* présentent ce dernier phénomène d'une manière plus accusée. Elles tirent leur origine de l'action destructive des eaux qui ont mis à nu les couches inférieures du sol en emportant les couches supérieures (fig. 45).



Fig. 45. Vallée d'érosion.

Ainsi les vallées ont été formées par des causes géologiques bien différentes. Le sol s'est soulevé en ondulations convexes; de violentes secousses l'ont fendu et déchiré; des éruptions volcaniques ont écarté des couches de terrain autrefois continues; des courants d'eau, usant peu à peu le terrain sur leur parcours, ont fini par se creuser des lits profonds. C'est cet ensemble d'effets qui a donné à la surface de notre sol sa configuration actuelle.

Les géographes établissent entre les différentes vallées une autre distinction, fondée sur la place qu'elles occupent dans les systèmes de montagnes. On appelle *vallées longitudinales* celles qui s'étendent entre deux chaînes de montagnes, parce qu'elles suivent le sens de la longueur de ces chaînes. Celles qui sont formées par deux rameaux latéraux d'une chaîne s'appellent *vallées transversales*. Parmi les vallées de la première espèce, on peut citer, en France, celle qui sépare le Jura et les Alpes à l'est, et les montagnes du Lyonnais et du Vivarais à l'ouest. Elle est arrosée par la Saône et le Rhône, et reçoit les vallées transversales du Doubs, de l'Isère et de la Durance d'un côté, et de l'autre celles du Gard et de l'Ardèche. La vallée du Rhin nous fournit un autre exemple de vallée longitudinale.

Si l'on considère une île ou les côtes d'un continent, on remarque toujours qu'à partir de la mer le sol s'élève graduellement jusqu'à une certaine hauteur, qui forme une ligne de faite, d'où le terrain s'abaisse de nouveau, offrant ainsi deux pentes ou versants opposés. Chaque versant général se divise en une foule de versants secondaires, formés par les rameaux qui se dirigent transversalement à la ligne de faite, et se terminent à la côte. La ligne qui suit le fond de la vallée formée par deux versants voisins s'appelle *thalweg*, d'un mot allemand qui signifie *chemin de la vallée*; c'est le chemin, ou fil, des eaux qui naissent sur le faite principal, et descendent vers la mer ou vers la plaine. Le *thalweg* devient presque toujours le lit d'un fleuve.

Les hautes vallées offrent souvent, à leur origine, une foule de petites vallées secondaires, dont les flancs sont en pente douce, et qui s'appellent *vallons*. Quelquefois on les voit commencer par un bassin circulaire ou *cirque*, tel que le cirque de Gavarnie dans les Pyrénées. Les vallées étroites et profondes reçoivent le nom de *gorges*; quand elles sont très-petites, on les appelle *ravins*; ordinairement les ravins renferment un *torrent*.

Dans les chaînes de montagnes, le point de départ de deux rameaux opposés est ordinairement marqué par un exhaussement de la crête, et la naissance de deux vallées opposées est indiquée par une dépression que l'on appelle *col*: tels sont les cols de Tende, de Balme, du Saint-Bernard en Savoie, etc. Dans les Pyrénées, les *cols* reçoivent le nom de *port*.



Souvent une vallée est fermée par un angle saillant de l'un des deux rameaux qui lui servent de ceinture, de sorte qu'il ne reste plus qu'un étroit passage par lequel on puisse y pénétrer : ces détroits s'appellent *défilés* ou *passes*. Il est bon toutefois de faire remarquer ici que les mots *col*, *défilé*, *passé*, *passage* sont souvent confondus par les auteurs, et que les significations de ces mots ne sont pas bien fixées.

Les premiers peuples de chaque pays s'établirent d'abord dans les vallées ; aussi les cols ou passes qui en ouvrent l'accès ont-ils reçu quelquefois le nom de *portes des Nations*. Citons, comme exemple, la *porta Vestphalica* que traverse la rivière de Weser ; les *portes du Caucase* ; les *portes Caspiennes*, la *passé d'Issus*, près des *portes Syriennes*, dans la chaîne du Taurus, célèbre par la victoire d'Alexandre le Grand sur Darius Codomanus ; les *pyles Ciliciennes*, qui mènent à Tarse ; les *Thermopyles*, près du mont OËta, immortalisées par le dévouement des trois cents Spartiates ; les *Fourches caudines*, où fut humiliée la gloire des armées romaines. Entre la Suède et la Norvège, près de Skiaerdal, une de ces *portes* est formée par deux murailles à pic ; une autre semblable se trouve dans le Portfield. Aux États-Unis, on en trouve des exemples très-remarquables dans les ouvertures si brusques par lesquelles le fleuve Hudson se fraye un chemin à travers les montagnes. Dans les Andes, il existe de ces *portes* qui ont 1500 mètres de profondeur.

Signalons avec plus de détails quelques-uns des défilés les plus célèbres dans l'histoire.

Le *col de Pertus* a été de tout temps le passage naturel à travers la partie orientale des Pyrénées. Pompée et César le franchirent, et bientôt l'Ibérie était devenue province romaine. Plusieurs siècles après, les Goths traversèrent le même passage, pour aller s'établir en Espagne à la place des Romains ; et lorsque, au huitième siècle, ils furent à leur tour chassés par les Arabes, ces derniers, traversant le col de Pertus, se ruèrent sur la France, et ne furent arrêtés par Charles Martel qu'entre Poitiers et Tours.

M. Blanchard décrit ainsi le défilé du Darial (*portes du Caucase*), qu'il a traversé en 1857, allant de Tiflis à Stavropol.

« De tous les passages de montagnes que j'ai traversés, celui-ci est de beaucoup le plus imposant. Qu'on se figure deux immenses parois

de rocher s'élevant perpendiculairement, presque à la limite des neiges éternelles. au pied un torrent écumant, furieux, contrarié dans sa course par d'énormes blocs détachés de la montagne voisine ; une route parfois large de dix pieds à peine, largeur que souvent l'on n'a pu obtenir qu'en faisant sauter, en forme de demi-voûte, les rochers de la paroi à pic : tel est ce tableau. La plume ne peut donner une idée de la sau-

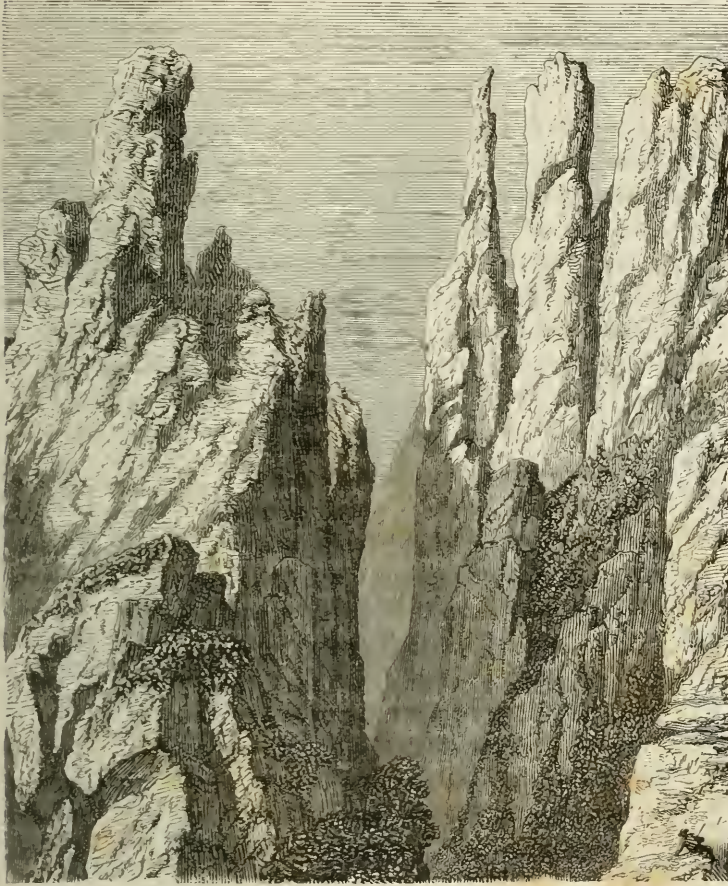


Fig. 46. Rosstrappe, gorge des montagnes du Harz.

vage grandeur que présente ce passage, Thermopyles infranchissables et avec lesquelles on est maître de la route militaire qui de l'Europe pénètre en Asie. »

Les gorges se rencontrent souvent dans les pays de collines et de plateaux ; elles conduisent toujours à des vallées plus

ouvertes. Aussi en cheminant sur la crête qui les domine, peut-on souvent arriver jusqu'à leurs bords sans les apercevoir. L'origine des gorges est ordinairement due à l'action destructive de quelque torrent ou à des crevasses produites par une fracture ou déchirement violent du sol. On trouve dans les Pyrénées de nombreuses gorges qui se distinguent par une beauté sauvage. Le Dauphiné, en France, est riche en accidents montagneux de ce genre.

Nous représentons (fig. 46) la curieuse gorge formée par le rapprochement des montagnes du Harz, et qui est connue sous le nom de Rosstrappe.

Dans les montagnes du Taurus, en Cilicie, on rencontre un grand nombre de gorges très-pittoresques, qui sont des repaires de brigands. Leurs flancs sont couverts de cèdres, de chênes, de platanes et d'arbres résineux. Des torrents qui s'écoulent rapidement à travers les rochers y forment de bruyantes cascades. Le défilé qui mène de Cilicie en Cappadoce a reçu le nom de *portes de Cilicie*. C'est un point stratégique de la plus haute importance. Xénophon, qui le traversa, en a donné une description qui représente fort bien l'état actuel des lieux, d'après M. Victor Langlois, qui de sa récente exploration du Taurus a rapporté de beaux dessins de ce défilé célèbre. Ce voyageur ajoute que le Kulek est encore rempli des souvenirs du passage des croisés. Les gens du pays montrent aux voyageurs l'arbre même au pied duquel le chef de la croisade s'assit pour voir défiler les armées chrétiennes marchant sur Antioche pour pré-luder à la conquête des lieux saints et du tombeau du Christ.

Les *ravins* sont formés par les torrents qui se creusent un lit dans les flancs des montagnes. Ces dépressions du sol sont d'un grand intérêt pour le minéralogiste, parce qu'ils mettent à nu des coupes de terrains, et découvrent les roches qui composent la montagne. Les Pyrénées, les Alpes, et surtout les Cordillères, sont sillonnées en tout sens par une foule de ravins. Plus les montagnes sont élevées, plus ces érosions sont considérables. Les Espagnols donnent aux grands ravins des Andes le nom de *quebradas* (fractures).



## VII

Altération et destruction des roches qui forment les montagnes.  
Causes de l'érosion et de la chute des montagnes.

Nous ne terminerons pas l'étude générale des montagnes sans parler des altérations continuelles que subissent les roches qui les composent, et des éboulements, ou chutes partielles, qui sont la conséquence de cette altération.

Pour l'observateur peu réfléchi, il semble que les roches et les substances minérales soient absolument indestructibles, qu'elles représentent, pour ainsi dire, le type de la stabilité et de la durée. Mais un peu d'attention fait voir que les roches se détruisent sans cesse, et que toute substance minérale exposée à l'air et à la pluie est forcément vouée à la destruction. L'air, par son humidité, par son acide carbonique et son oxygène, exerce sur les roches exposées à son influence une puissance d'altération vraiment extraordinaire. Aucune roche ne résiste à l'influence de l'air : calcaire et basalte, granit et porphyre, rien n'est à l'abri de l'attaque chimique de l'atmosphère et de l'eau. Ce que les poètes et les rhéteurs appellent la *main du temps*, n'est autre chose que cette action chimique s'exerçant pendant un long intervalle. Les alternatives de chaleur et de froid sont de puissants auxiliaires de l'air dans cette œuvre de destruction. Le froid brise en fragments, par suite de la congélation de l'eau qui les a pénétrés, les pierres que l'action de l'air doit ensuite décomposer : c'est une division mécanique qui prépare et facilite une décomposition chimique<sup>1</sup>. Citons les exemples les plus frappants de ces diverses altérations.

Le *calcaire grossier* retiré des terrains tertiaires, avec lequel on bâtit les maisons de Paris, subit une désagrégation lente,

1. Quand l'eau s'est infiltrée dans une roche, et que cette eau vient à se congeler, elle se dilate, résultat inévitable de son changement d'état et cette dilatation provoque souvent la rupture de la roche



qui le fait tomber en poussière. Le peuple attribue cette altération à la lune; il dit que *la lune mange les pierres*. Le savant hydraulicien Bélidor fait, à ce propos, la consolante remarque, que ces actions étant réciproques, et la terre étant bien plus grosse que la lune, elle doit lui en manger bien davantage.

Les statues de marbre laissées en plein air souffrent singulièrement de l'action de l'atmosphère.

Le feldspath, l'orthose, exposés à l'air, se décomposent rapidement; ils perdent leur silicate de potasse, qui disparaît dans les eaux pluviales en raison de sa solubilité, et il ne reste que de l'argile. Ainsi se forme, sous nos yeux, l'argile dite *kaolin* ou *terre à porcelaine*.

C'est pour cette raison que le granit, formé de silicates divers (feldspath, quartz et mica), est loin de garantir la durée des édifices. Les murs de l'église de Notre-Dame à Limoges, bâtie il y a quatre siècles seulement, sont déjà attaqués à une profondeur de 7 à 8 millimètres. Le Puy-de-Dôme, roche trachytique, repose sur une base de granit; quand on y arrive du côté de Clermont-Ferrand, on croit marcher sur un dépôt de gravier, tant la roche est déjà désagrégée. Dans quelques carrières de granit, on a remarqué sur la roche exposée à l'air une décomposition superficielle qui va jusqu'à 2 mètres de profondeur. C'est la même cause qui a donné leur forme arrondie à certains blocs, ou *boules* de granit, que l'on trouve dans l'Erzgebirge de Saxe, et aux *boules de basalte*, si abondantes en Auvergne, qui s'exfolient et abandonnent successivement des couches concentriques de leur écorce.

Le basalte altéré de la même façon finit par tomber en poussière et par former une terre grasse très-fertile.

Les grès de Fontainebleau exposés à l'air deviennent si tendres, au bout d'un certain temps, qu'on les fait tomber en poussière d'un coup de marteau.

Toutes ces remarques feront comprendre que, de nos jours et sous nos yeux, l'action combinée de l'eau et de l'atmosphère produise, en agissant sur les roches qui composent les montagnes, des éboulements, des chutes de terrains, etc., aussi désastreux quelquefois que les tremblements de terre ou les éruptions volcaniques.

Dans d'autres circonstances, les éboulements de terrain sont

provoqués par les flots d'une rivière, qui rongent et minent sourdement un terrain, et finissent par amener la chute de masses énormes de roches. D'autres fois les eaux pluviales, s'infiltrant dans le sol et y produisant des courants souterrains, emportent la base des couches superficielles des montagnes. Des éboulements se sont produits par cette dernière cause dans la falaise crayeuse du cap de la Hève, près du Havre.

D'autres fois enfin, par une fissure existant entre les diverses couches superposées, une partie d'une montagne se détache du reste; privée ainsi de son soutien, elle se renverse ou glisse au bas du talus.

Ainsi les montagnes se détruisent sans cesse: le froid fend et divise les roches, l'air les décompose, l'eau les lave et les emporte. C'est un nivellement général opéré par les seules forces de la nature. Il ne sera pas sans intérêt de donner ici l'énumération des catastrophes les plus célèbres qui ont été produites par des causes de ce genre.

En 1767, le bourg de Neumarkt fut englouti sous les eaux de l'Adige qui avaient miné le terrain sur lequel il était bâti.

Le château de Borge, en Norvège, s'enfonça le 5 février 1702 dans une crevasse souterraine creusée par le torrent Glommen, qui descend des monts Dofrines.

Le 25 juillet 1825, vers cinq heures du soir, on entendit dans le village de Barlis (Hanovre) un éclat de tonnerre effroyable. Tout à coup un nuage de poussière obscurcit l'air, et la terre s'éboula avec fracas sur une largeur de 40 mètres, en formant un gouffre dont on peut concevoir la profondeur par ce fait qu'un caillou emploie, dit-on, une minute pour arriver au fond.

En Irlande, il se forme un grand nombre de lacs par l'enfoncement des tourbières. C'est là que l'on peut voir le spectacle extraordinaire de forêts souterraines, c'est-à-dire de masses d'arbres abaissés brusquement au-dessous du sol, et qui continuent à verdier par le sommet des branches.

En Prusse et en Pologne il existe bon nombre de lacs qui ont été formés par des éboulements. Il suffit de citer, comme exemple de ce genre, le lac d'Arend, dans la marche de Brandebourg. D'après Strabon, des événements de cette nature avaient lieu fréquemment dans les environs du lac Copaïs, en Béotie, qui est aujourd'hui un marais.

En 1792, plusieurs maisons de la ville de Lons-le-Saunier disparurent, et un lac qui se forma engloutit encore une partie de la route de Lyon à Strasbourg. Les eaux souterraines avaient miné le sol, qui s'était enfoncé.

Le 29 janvier 1840, le mont Cernans, dans le Jura, descendit dans la plaine qui s'étend à sa base, et une partie de la route royale de Dijon à Pontarlier s'enfonça dans un trou de 50 mètres de profondeur, qui s'ouvrit en même temps. Cette partie de la route, désignée sous le nom de la *Rampe de Cernans*, fut ainsi rendue impraticable. Le lendemain de cet éboulement, il se détacha une autre masse de terrain et de roches qui suivit la première. On suppose que cette catastrophe était due à une source souterraine qui avait tari vingt-cinq ans auparavant, et s'était épanchée sous le sol, qu'elle avait peu à peu rongé.

Le 25 août 1618, le bourg de Pleurs et celui de Schilano dans le val de Bregaglia (Lombardie) furent ensevelis par l'éboulement du mont Conto. Les quartiers de roche dont se compose cette montagne étaient minés par des ruisseaux et des sources; ils s'écroulèrent sur les deux bourgs. 2430 individus y trouvèrent la mort; un lac prit la place de 200 maisons

En 1248, une partie du mont Grenier, à 10 kilomètres au sud de Chambéry, tomba et couvrit cinq paroisses, y compris la ville de Saint-André. Le mont Grenier appartient au terrain jurassique (terrain oxfordien). Dans la nuit du 7 décembre 1248, une partie de cette montagne se détacha de sa base et tomba dans la vallée des Marches. Le fond de la vallée, formé d'un sous-sol argileux, avait été délayé par de longues pluies. Sous ce poids énorme, il ondula et bouillonna comme aurait pu le faire une surface liquide. De sorte que la plaine, jusqu'à une distance très-éloignée du centre de l'éboulement, se couvrit de mamelons ou de monticules entrecoupés de ravins et qui existent encore.

La petite ville de Saint-André disparut dans cette épouvantable convulsion, ainsi que les hameaux, les châteaux féodaux et les nombreux couvents qui parsemaient la contrée.

La coulée ou le mouvement des terres de la plaine poussées par la chute de la montagne s'arrêta devant l'église de Notre-Dame des Myans, qui devint très-célèbre par ce miracle. Les

Savoisiens regardent comme une impiété l'idée que l'élévation du terrain, au point où s'arrêtèrent les débris, ait quelque peu secondé les efforts protecteurs de la sainte Vierge.

Le sol dévasté qui fut le théâtre de cette catastrophe porte aujourd'hui le nom d'*abîme de Myans*. Les vignes occupent la plus grande partie de cet espace, sous lequel sont ensevelis plusieurs villages ou lieux d'habitation.

A Adersbach, en Bohême, un espace de 10 kilomètres carrés est couvert d'un labyrinthe de blocs de grès, de 30 à 60 mètres de haut, qui sont les débris d'une montagne écroulée.

Les *Diablerets*, montagnes de la Suisse, entre les cantons de Berne et du Valais, avaient autrefois quatre cimes. Peut-être en ont-ils perdu plusieurs dans le cours des siècles. Le 23 septembre 1713, un de ces sommets tomba tout à coup. Il couvrit de ses décombres une énorme étendue de terrain, et ensevelit plusieurs centaines de cabanes. La chute de ces masses énormes souleva une poussière si épaisse que pendant plusieurs heures l'air en fut complètement obscurci. Au milieu de cette affreuse catastrophe, un pâtre du village d'Avon, dans le Valais, avait disparu ; on le croyait au nombre des morts de cette journée funeste. Trois mois après, et pendant la nuit de Noël, il apparaît dans son village, pâle, amaigri et couvert de hillons. Aussitôt, grand effroi partout ; la porte de sa maison se ferme devant lui ; les paysans cherchent un prêtre pour exorciser le revenant, qu'ils ne veulent pas reconnaître. Le spectre parvient pourtant à se faire entendre, il réussit à calmer cet émoi, et raconte ce qui lui était arrivé. Au moment de la catastrophe, il se trouvait dans une hutte de bois ; il tomba à genoux et se mit en prière. Une énorme roche s'abattit bientôt, et vint s'appuyer contre le mur au pied duquel était bâtie la cabane ; cette roche, formant un abri, protégea le pâtre contre les masses qui passaient par-dessus sa tête. Quand tout fut rentré dans le calme, le pauvre homme, enterré vif sous les décombres, se mit à l'œuvre pour se dégager. Il lui restait de son dîner un morceau de fromage, et l'eau qui suintait à travers les pierres entassées sur sa cabane servit à le désal-térer. Au bout de quelques jours, qu'il n'avait pu compter, il put enfin sortir des ténèbres, comme Jonas sortit du ventre de la baleine. Ses yeux ne pouvaient d'abord supporter l'éclat du



jour, et il fallut les y habituer avec de grandes précautions. Il rentra enfin au sein de sa famille, témoignage vivant d'un miracle de la Providence.

On voit aujourd'hui sur le théâtre de l'événement d'énormes rochers brisés et fendillés qui barrent le chemin aux torrents de la montagne. Quelques morceaux de pâturages restés intacts, quelques troncs de sapins à demi noyés dans les eaux, voilà tout ce qui rappelle aujourd'hui l'existence d'un vallon jadis florissant. L'éboulement se renouvela dans les mêmes lieux en 1749.

La montagne de Piz, située sur le territoire de Trévis, était rongée à sa base par des eaux qui s'infiltraient par toutes ses fissures. En 1772, cette montagne se fendit en deux, une partie se renversa et ensevelit trois villages. Les ruines barrèrent le chemin à un ruisseau, qui ne tarda pas à former un lac. Le reste de la montagne tomba peu de temps après dans ce lac, le fit déborder et causa dans le pays une inondation terrible.

En 1740, d'après les *Mémoires de l'Académie de Stockholm*, une pluie d'orage, qui dura huit heures, détruisit et entraîna plusieurs collines dans l'ancienne province de Wermeland, voisine de la Norvège. Le mont Lidscheere se fendit et s'écula; ses débris furent emportés par les eaux.

Des effets de ce genre s'observent quelquefois en Savoie. Un des événements les mieux connus est celui qui se produisit en 1751, près de Sallanches, sur la route de Chamonix. Les neiges très-abondantes de l'hiver de 1751 s'étant mêlées aux eaux d'infiltration qui minaient depuis longtemps cette montagne, un éboulement se manifesta, et 25 millions de mètres cubes de rochers tombèrent dans la vallée. Une immense quantité de poussière très-fine fut le résultat de cette chute; cette poussière mit trois jours à se dissiper. Elle ressemblait tellement à de la fumée que le bruit se répandit qu'un volcan s'était ouvert au milieu des Alpes. Le roi de Piémont envoya sur les lieux, et en toute hâte, le géologue Donati. Ce naturaliste arriva assez à temps pour voir les rochers continuer de s'ébouler avec un fracas terrible.

Horace de Saussure nous a conservé une lettre assez curieuse dans laquelle Donati donne une idée succincte de cet événement<sup>1</sup>.

1. *Voyages dans les Alpes*, tome 1, § 493.

Des éboulements ou chutes de montagnes peuvent être produits par une action des plus curieuses : par le simple glissement d'un ensemble très-étendu de couches de terrain qui descendent, sans se séparer, sur une pente de la montagne. Le village de Pardines était bâti sur une partie de la montagne de Perrier située près d'Issoire. Du 22 au 23 juin 1737, tout ce village glissa jusqu'au pied de la montagne, entraînant avec fracas les arbres et les fermes. Un champ de vigne et une maison furent transportés sans éprouver aucun dérangement.

Les chroniqueurs racontent que la ville de Dordrecht, en Hollande, fut jadis transportée à une certaine distance de son emplacement primitif, avec le sol sur lequel elle est bâtie. Ce fait n'aurait rien d'improbable, d'après celui que nous allons raconter.

Vers 1806, après de grandes pluies, les couches de terre qui couvrent la montagne de Solatré, près de Mâcon, commencèrent à glisser sur les bancs de calcaire dont se compose la montagne ; elles s'étaient déjà déplacées de quelques centimètres et allaient ensevelir le village, quand les pluies cessèrent ; avec elles s'arrêta le menaçant phénomène de cette avalanche de terre.

Une partie du mont Goïma, situé dans l'État de Venise, se détacha pendant une nuit, et descendit doucement sur la pente de la montagne jusqu'au fond de la vallée, avec toutes les maisons qui s'y trouvaient, et sans qu'une seule des maisons fût renversée. Les habitants n'avaient rien senti. A leur réveil, ils furent étrangement surpris de se voir au bas de la montagne. Ils croyaient à un événement surnaturel. L'examen des lieux leur fit promptement reconnaître la nature de l'étonnante promenade qu'ils venaient de faire en dormant.

Mais les événements de ce genre ont presque toujours de plus terribles suites. Il suffira de citer en exemple les deux catastrophes qui frappèrent en 1795 et en 1806 les villages de Waeggis et de Goldau (fig. 47 et 48).

Le village de Waeggis est bâti au bord du lac de Lucerne, au-dessous du mont Righi. Au mois de juillet 1795, à la suite d'un orage, un torrent fangeux, d'un kilomètre de largeur et de plusieurs mètres de hauteur, descendit de la montagne, inonda et entraîna dans le lac une partie de ce village. Heureu-

sement la descente des terres se faisait avec assez de lenteur. Elle dura quinze jours, ce qui permit aux habitants de sauver ce qu'ils possédaient. On voit encore, au Righi-Staffel, une trace de cet événement dans un énorme bloc de rocher posé à plat sur deux autres dressés verticalement, de manière que le tout forme une sorte de portique.

L'année 1806, dont les pluies, comme nous l'avons raconté plus haut, faillirent devenir si funestes pour Solatré, en France, fut marquée par la terrible catastrophe de Goldau. Au centre

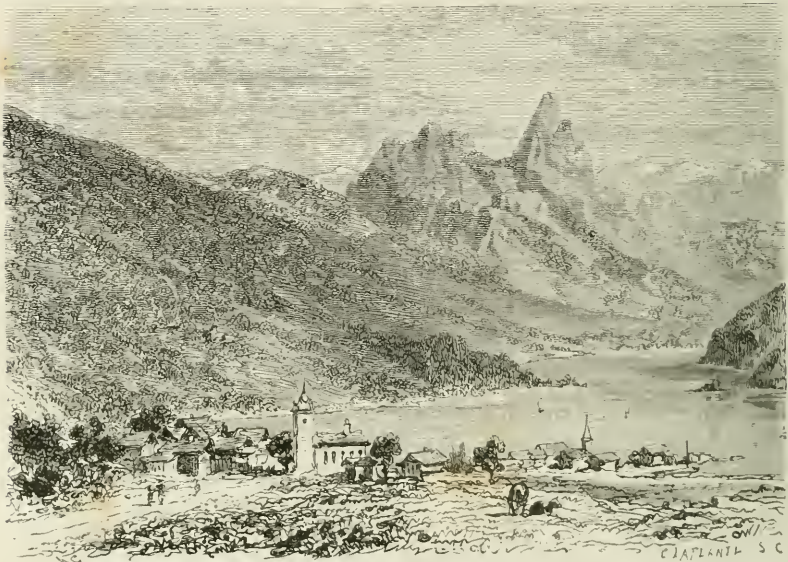


Fig. 47. Vallée de Goldau avant l'éboulement.

de la Suisse, dans le canton de Schwitz, sont situés le lac de même nom et un autre lac plus petit, celui de Lowerz. Entre leurs rives s'étend la belle vallée de Goldau. D'un côté, le Righi s'élance à 1400 mètres de hauteur; de l'autre côté, à 1100 mètres, le mont Ruffli, ou Rosenberg. Ce sont des montagnes composées de couches de cailloux pétris d'une sorte de grès ou de marne à grains fins. Le 2 septembre, une partie de ces masses conglomérées se détacha du mont Ruffli. Dans la matinée, les habitants de Goldau entendirent un craquement terrible. A cinq heures du soir, les couches qui s'étendaient entre le



Spitzbuel et le Steinbergerflue se détachèrent de la montagne, et se précipitèrent, avec le bruit du tonnerre, dans la vallée, d'où leurs décombres remontèrent en bondissant le long de la base du Righi. Ces couches avaient une longueur de près de 4 kilomètres, 30 mètres de haut et plus de 300 mètres de large. En cinq minutes, les vallées de Goldau et de Busingen furent couvertes d'un amas de roches de 30 à 70 mètres de hauteur. Les villages de Goldau, Busingen, Lowerz, Ober-Rother et Unther-Rother furent complètement ensevelis sous les débris



Fig. 48. Vallée de Goldau après l'éboulement.

de la montagne. Une partie du lac de Lowerz fut comblée ; ses eaux s'élevèrent à plus de 20 mètres et allèrent dévaster tout le pays d'alentour jusqu'à Seewen. Deux églises, cent onze maisons, deux cent vingt granges et étables furent écrasées avec quatre cent quatre-vingt-quatre habitants sous les gigantesques décombres. Un petit nombre seulement échappa au désastre : ceux que le hasard avait à ce moment éloignés de leurs demeures ; mais ils perdirent tout ce qu'ils possédaient au monde. Le dommage a été évalué à 2 millions et demi.

Au milieu de la solitude pierreuse, toute couverte d'herbe



et de mousse, où furent jadis de florissants villages, et que traverse maintenant la grande route d'Arth à Schwitz, on a érigé une chapelle destinée à rappeler le souvenir de cet événement funeste. Le 2 septembre de chaque année, on y célèbre un service religieux commémoratif.

## VIII

### Les plaines, les steppes et les déserts.

Quand les montagnes laissent entre elles un intervalle considérable, on nomme *plaine* l'espace qui s'étend entre les deux sommités.

L'Europe renferme des terres basses d'une immense étendue : telles sont les grandes plaines du nord de la France, des Pays-Bas, du nord de l'Allemagne et du sud de la Russie. Leur ensemble forme une vaste inclinaison de terrain ondulé, qui descend en pente douce vers les mers du nord et du sud-est. Dans cette partie de l'Europe, on rencontre souvent de grandes étendues de terrains incultes, couvertes de bruyères à perte de vue : ce sont les *landes* ou *hernes* dont on trouve des exemples très-remarquables en Westphalie, dans le midi de la France, etc. Quand on traverse la lande de Lunebourg, qui couvre un espace de 25 000 kilomètres carrés, le ciel semble se mêler à la terre ; on n'aperçoit tout autour de l'horizon qu'un océan de verdure ; des nuages et un brouillard sec y voilent les lointains. C'est un véritable désert jeté au milieu de la civilisation. Entre les Pyrénées et la Gironde s'étend un autre désert de sable entrecoupé de marais et de grands bois. Les paysans traversent sur des échasses le sable mouvant des landes (fig. 49).

Ces plaines basses sont les fonds de vallées très-évasées. Les plaines qui entourent Paris, telles que celles de Boulogne, de Saint-Denis, etc., ont la même origine. Mais il existe des plaines basses qui doivent leur formation à des atterrissements formés par les fleuves à leurs embouchures : tels sont les *llanos* du Rhône, du Pô, du Nil, etc. ; telles sont aussi les plaines bourbeuses de la Hollande, et celles que le Volga traverse pour se jeter dans la mer Caspienne.

Les Espagnols désignent sous le nom de *llanos*, les Indiens de l'Amérique sous celui de *pampas*, et les Slaves sous le nom

de *steppes*, d'immenses plaines plus ou moins herbeuses. Ces mots ont à peu près le même sens que *savanes* ou *landes*, mais ils conservent une signification locale, et on les emploie comme désignations géographiques.

Les *steppes* commencent dans la Valachie et s'étendent, avec une monotonie fatigante, à travers les provinces russes de Bessarabie et de Kherson au delà de la mer Caspienne et du lac d'Aral jusqu'aux sources de l'Amour et au désert de Gobi, que les Mongols appellent *la terre des herbes*. Entre le Danube et le Don, ce sont des savanes que couvre une riche végétation,



Fig. 49. Vue des landes des Pyrénées.

offrant de gras pâturages aux nombreux troupeaux de moutons et de chevaux qu'entretiennent les Cosaques et les Tartares. On y trouve des Malvacées de haute taille et des Centaurées que recherchent les brebis. Mais dans ces plaines à perte de vue, l'œil cherche en vain un arbre ou une habitation. Quelques *tumulus* groupés çà et là arrêtent seuls le regard. De place en place, le sol est formé d'un terreau fertile sur lequel les céréales poussent sans culture.

Les steppes deviennent plus sablonneuses et complètement arides au delà de la mer d'Azof, vers les rivages des grands lacs salés. Des deux côtés de la mer Caspienne le sol est formé de sable, d'argile et de sel; tout y révèle l'ancien lit d'une mer

desséchée. On rencontre encore çà et là de petits lacs salés qui, pendant l'été, répandent sur la steppe une poussière fine et blanche composée de sel marin. L'évaporation de ces lagunes laisse quelquefois à nu une couche épaisse de sel. La longue monotonie de ce désert aride fait ressortir davantage la majesté de la chaîne du Caucase, qui forme au sud une muraille, au pied de laquelle viennent s'arrêter net les steppes inhabitées (fig. 50).

Ici le pays n'est même plus propre à l'entretien des troupeaux, on n'y trouve que de rares buissons ; c'est à peine si quelques places se garnissent de verdure au printemps.



Fig. 50. Vue des steppes du Caucase.

« Les steppes de Khirgiz, dit un touriste, le baron Mayendorff, n'offrent pas un aspect moins triste. Si l'on se représente plusieurs lacs salés, quelques plaines unies dont le sol, formé d'une argile molle et bleuâtre, cède sous le pied des voyageurs, enfin tous les indices ordinaires de la diminution et de la retraite des eaux de la mer, on aura une idée assez exacte de la nature du terrain de cette contrée. »

Dans ces contrées arides, l'eau est chose précieuse : chaque source devient un point de réunion des pasteurs nomades ; un foyer convergent de sentiers s'y forme avec le temps.

Le pays plat qui entoure la mer Caspienne, et qui ne dépasse pas son niveau, embrasse une superficie plus grande que la France.



Les steppes de la Russie se retrouvent, à l'ouest, en Hongrie, où l'on désigne par le mot *puszta* ces vastes plaines herbeuses.

La Pologne et la Lithuanie sont en partie couvertes d'un marais aussi grand que la France.

Les déserts glacés qui s'étendent au nord de la Sibérie s'appellent *toundras*. Ce sont des espèces de tourbières; ces marécages recouvrent des forêts fossiles. Pendant l'hiver, ces plaines deviennent tout à fait inaccessibles; elles sont à chaque instant balayées par des tourmentes de neige. En été, la sécheresse s'oppose à toute culture, excepté sur quelques points bien arrosés.

Les steppes de la Sibérie méridionale, après la fonte des neiges en juin et juillet, se couvrent de végétation comme par enchantement.

Les *pampas* de l'Amérique du Sud sont des plaines basses, fermées à l'ouest et ouvertes vers l'est et le sud-est; on pourrait les considérer comme d'anciens golfes que la mer remplirait de nouveau, si une grande marée avait la puissance de soulever ses flots jusqu'à la hauteur de quelques centaines de mètres. Une verte plaine occupe toute l'extrémité méridionale de ce continent, sur une étendue de près de 30 degrés en latitude. La Patagonie est une succession de plaines horizontales étagées jusqu'au pied des Andes où coule le Rio Colorado. Ce n'est qu'un désert immense, où des eaux saumâtres et salées alternent avec une végétation maigre et épineuse. Les ruisseaux qui coupent ce terrain désolé sont peu abondants; la température y subit des variations extrêmes, et des vents tumultueux écorchent le sol aride.

Au nord du Rio Colorado commencent les *pampas* de la Plata. Le calcaire rougeâtre qui en forme le sol n'est baigné par aucun cours d'eau; mais de longues pluies suffisent à l'arroser et à y entretenir une abondante végétation herbacée. Des graminées touffues en font un océan de verdure uniforme, sur lequel aucune éminence ne vient arrêter le regard. Le seul arbrisseau qui rompe la plate monotonie de cette végétation des déserts, est l'*umbu*, dont on aperçoit çà et là les cimes solitaires.

A l'ouest de Buenos-Ayres, les *pampas* se couvrent, pendant la saison des pluies, de chardons aux feuilles raides, d'un vert



Fig. 51. Incendie dans les pampas.



foncé. qui donnent à la plainel'aspect d'un champ de navets. Les troupeaux y trouvent en abondance de la luzerne et d'autres herbes fourragères. Cette verdure se fane dès l'arrivée des chaleurs ; les chardons poussent en graines, et, s'élevant à plusieurs mètres, ils interceptent la vue et défendent l'accès des pampas en formant un épineux rempart de broussailles. Bientôt les ardeurs d'un brûlant été dessèchent les tiges de ces plantes, et les réduisent en poussière que le vent emporte et dissipe au loin.

Pendant les longues sécheresses des pampas, les chevaux sauvages, pressés par une soif mortelle, ne peuvent se désaltérer que dans l'eau saumâtre des ruisseaux, et ils périssent en grand nombre. On trouve quelquefois par milliers, sur le sol, les carcasses de ces animaux. Pendant le *Gran Chaco* (grande sécheresse) qui sévit de 1827 à 1830, Buenos-Ayres perdit un million de bêtes : un seul propriétaire perdit un troupeau de vingt mille bœufs. Épuisés par la soif, les animaux se jetaient dans le fleuve Parana, et s'y noyaient. On vit d'innombrables cadavres putréfiés charriés par les eaux dans l'estuaire de la Plata.

Plus à l'ouest et au nord de Buenos-Ayres, on rencontre de belles prairies où les troupeaux trouvent une nourriture inépuisable. Les bords du Rio Parana présentent de vastes pelouses, émaillées de palmiers et d'autres plantes tropicales. Le désert du Gran Chaco contient lui-même, à ce qu'il paraît, de magnifiques pâturages. Du côté des Andes, ces plaines se transforment en marécages ; on y trouve d'énormes lagunes, couvertes de plantes aquatiques ; ces lagunes inondent quelquefois le pays lorsque les pluies les font déborder.

Outre ces inondations, les pampas sont encore sujets à de terribles sécheresses, pendant lesquelles les herbes s'enflamment quelquefois accidentellement sur un parcours de plusieurs lieues. Ces immenses incendies font périr d'énormes quantités de bétail (fig. 51).

Les pampas, couvrent dans l'Amérique méridionale une superficie des plus considérables. Ils s'étendent jusque dans le haut Pérou, où ils forment les *pampas del Sacramento*. Les *punes* du Pérou, où paissent des troupeaux de vigognes, d'ânes et de mulets, sont des savanes de la même nature.



M. Paul Marcoy, qui a traversé la pampa d'Islay, en allant à Arequipa, en parle en ces termes :

« Une traversée de ce désert n'est pas sans dangers. Le vent de mer

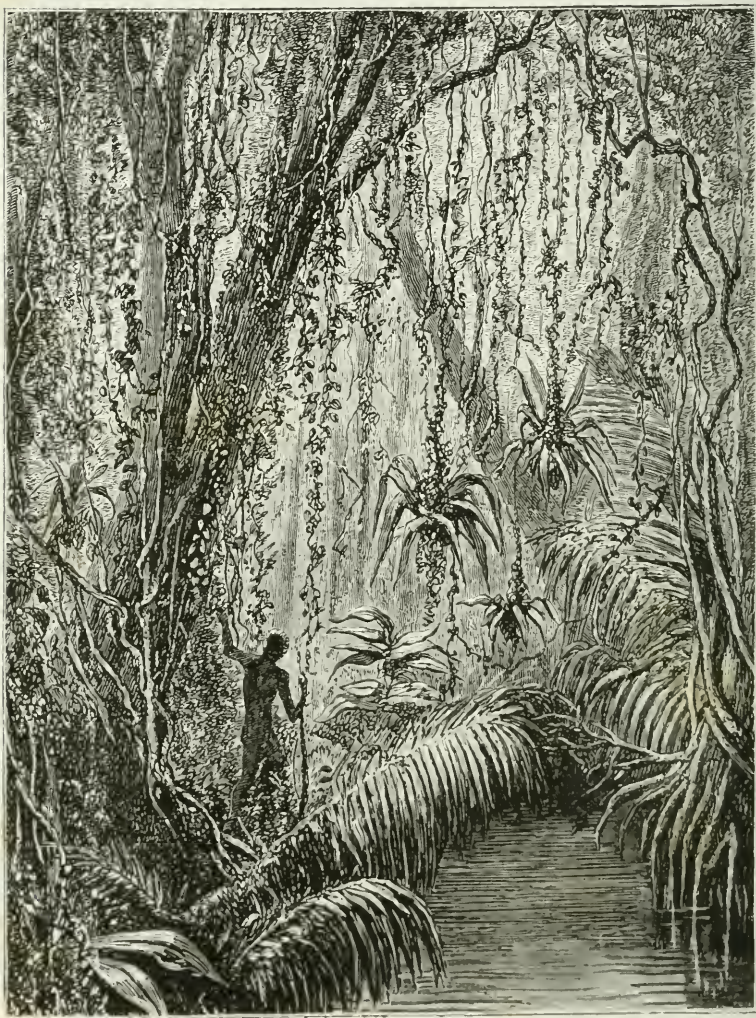


Fig. 52. Forêt vierge.

qui laboure sa surface en renouvelle sans cesse l'aspect. Du soir au matin, des cavités s'ouvrent, des dunes se forment, des assises s'élèvent, puis se comblent, s'affaissent, se dispersent et vont se reformer

ailleurs. Pour aider leur marche à travers ces terrains mobiles, les pilotes de la pampa consultent le soleil pendant le jour, et pendant la nuit les étoiles. »

La région des forêts, qui s'étend de la Cordillère de Chiquito jusqu'à la chaîne de Parima, des deux côtés de l'équateur, embrasse une superficie six fois plus grande que la France. Ce sont là ces *forêts vierges* propres à l'Amérique méridionale, et qui n'ont subi aucun changement depuis une époque qui dépasse l'apparition de l'homme sur la terre. Dans cet inépuisable réservoir de chaleur et d'humidité, l'air est lourd et très-malsain. L'homme s'aventure rarement dans ces fourrés impénétrables. Un singulier silence y règne pendant le jour; ce n'est qu'à la nuit que commencent à se faire entendre les mille bruits des oiseaux et des bêtes fauves qui peuplent ces forêts inaccessibles (fig. 52).

L'Amérique du Nord offre, comme celle du Sud, de vastes savanes herbeuses : on leur donne le nom de *prairies*. Le romancier Fenimore Cooper a poétisé les majestueuses et verdoyantes plaines de l'Amérique septentrionale.

Outre ces *prairies* on trouve des steppes et des déserts de sable dans le Texas et dans le haut Arkansas; enfin le Canada est couvert de majestueuses forêts de Conifères.

Pour terminer ce qui concerne les plaines, nous avons encore à parler des grands déserts de l'Afrique et de ceux de l'Asie.

De la limite occidentale de l'Afrique à la côte orientale de l'Asie, s'étend une immense ceinture de régions arides. Aux grands déserts de l'Afrique succèdent ceux de l'Arabie Pétrée, qui ne sont séparés du désert africain que par la mer Rouge et la fertile vallée d'Égypte. Viennent ensuite les déserts de la Perse, du Kandahar, de la Boukharie, enfin celui de la Mongolie, c'est-à-dire le vaste désert de Gobi. On estime à 15 000 kilomètres la longueur totale de cette zone déserte parsemée d'oasis, parmi lesquelles on peut ranger l'Égypte. Elle s'étend à peu près du Maroc à la Mongolie : elle égalerait donc le tiers de la circonférence du globe.

Il est très-probable que l'aridité de ces déserts résulte de leur situation, qui les expose, pendant une grande partie de l'année, au souffle des vents alizés du nord-est. En effet, les courants aériens qui balayent les terres dans la direction du nord-est au

sud-ouest, et qui retournent de l'équateur au pôle, sous forme de courants supérieurs, ne trouvent sur leur parcours d'autre nappe liquide que la Méditerranée, dont la surface est trop petite pour humecter ces grandes masses d'air. Dès lors la zone terrestre balayée par ces vents doit recevoir beaucoup moins d'eau que les contrées visitées par les vents de mer. C'est là ce qui explique, au moins en partie, le climat exceptionnellement sec et la stérilité des déserts de l'Afrique et de l'Asie orientale.

Le *Sahara*, ou grand désert d'Afrique, est le mieux connu de tous, surtout depuis l'occupation de l'Algérie par les Français. Cette vaste plaine, dont de Humboldt évalue la superficie à 6 millions de kilomètres carrés, en y comprenant les oasis, et qui surpasse l'Europe en étendue, se subdiviserait en plusieurs bassins, d'après les renseignements fournis par plusieurs explorateurs. Toutefois ces divisions paraissent encore très-incertaines ; ce ne sont guère que des distinctions établies d'après les noms des tribus nomades qui parcourent les différentes régions du Sahara. On appelle *désert libyén* la partie orientale du Sahara, située à l'est du Fezzan.

Le niveau du Sahara est très-inégal, ce qui fait qu'on lui a attribué des altitudes moyennes qui varient depuis 50 jusqu'à 1000 mètres. D'après M. Fournel, l'élévation de l'intérieur du grand désert serait d'environ 150 mètres. Près de Biskra, on l'a seulement trouvée de 60 à 70 mètres ; il paraît même que dans le nord il y a des zones plus basses que le niveau de la Méditerranée.

Rien de plus accidenté que le sol du Sahara. On a longtemps admis que le grand désert n'était qu'une immense plaine sablonneuse, dont l'uniformité était à peine variée par de légères ondulations du sol. Il n'en est rien. Le désert central s'étage en terrasses successives. C'est un plateau accidenté où l'on rencontre des collines, et même des montagnes plus ou moins élevées. Le voyageur Barth a vu dans le désert beaucoup de montagnes de 1500 mètres de hauteur. Des ravins d'un aspect abrupt et sauvage sillonnent les flancs de ces montagnes privées de toute végétation, et généralement composées de roches noirâtres. Les dunes de sables durcis y présentent des arêtes tranchantes et des sommets aigus. Comme elles sont fixes et parfaitement stables, on peut y marquer des points de reconnaissance et des signaux destinés à faire connaître la route. Le sol du Sahara,



tour à tour rocailleux ou sablonneux, ne se transforme en immenses plaines qu'à ses deux extrémités est et ouest.

Parmi les roches qui se montrent à jour çà et là, on peut distinguer les roches primitives (granit, gneiss, syénite), les roches éruptives (trachyte, dolomite, basalte et laves), les roches métamorphiques et de transition, enfin les grès et le calcaire coquillier.

Quant à la nature géologique du Sahara, on ne saurait mettre en avant aucune opinion positive, en raison de l'immense étendue de ces régions, qui ont été si peu visitées encore par les naturalistes. M. Marcou, dans sa *Carte géologique de la terre*, laisse en blanc toute cette étendue du globe, à l'exception d'une des parties centrales du Sahara, qu'il rapporte au terrain primitif. Il est probable que la nature du terrain y varie comme en Europe, et que ses différentes parties appartiennent aux formations géologiques les plus diverses. Au nord, dans les parties qui avoisinent l'Algérie, le Sahara, d'après les observations de MM. Laurent et Degousée, paraît être un terrain quaternaire, et porter les traces du *diluvium*, car les cailloux roulés y abondent; la même formation se retrouve aussi dans des parties plus au sud. Toutefois la présence du terrain saliférien (terrain de transition) dans le Sahara ne saurait être mise en doute, car on trouve en abondance du sel gemme dans les parties peu profondes du sol de beaucoup de parties du désert africain. L'exploitation des gisements de sel donne même lieu à un commerce actif entre les déserts du Sahara et ceux du Soudan. Dans la partie méridionale du désert, les couches de sel gemme sont tellement épaisses qu'on s'en sert comme de matériaux pour construire les maisons. La région des *lacs de natron*, dans la basse Égypte, et l'oasis de Syouah, sont également célèbres sous ce rapport.

Dans le nord du Sahara, aux confins de l'Atlas, diverses particularités géologiques tendent à prouver que cette partie du désert était autrefois une mer, qui a été exhaussée par un soulèvement assez récent. Le terrain argileux et gypseux, la présence du sel marin et des sels de magnésie, les restes abondants de coquilles de mollusques qui vivent actuellement dans la Méditerranée, tels que le *cardium edule*, tout cela concourt à prouver que le nord du Sahara n'est que le fond d'une mer ancienne, qui autrefois communiquait avec la Méditerranée. Mais



ce qui est vrai pour la partie septentrionale du Sahara ne saurait être appliqué au reste de son étendue.

Il existe dans le désert quelques excavations assez considérables, qui se remplissent d'eau pendant une partie de l'année ; ces *lacs* périodiques se rencontrent au nord du Sahara : les Arabes les désignent sous le nom de *shots*.

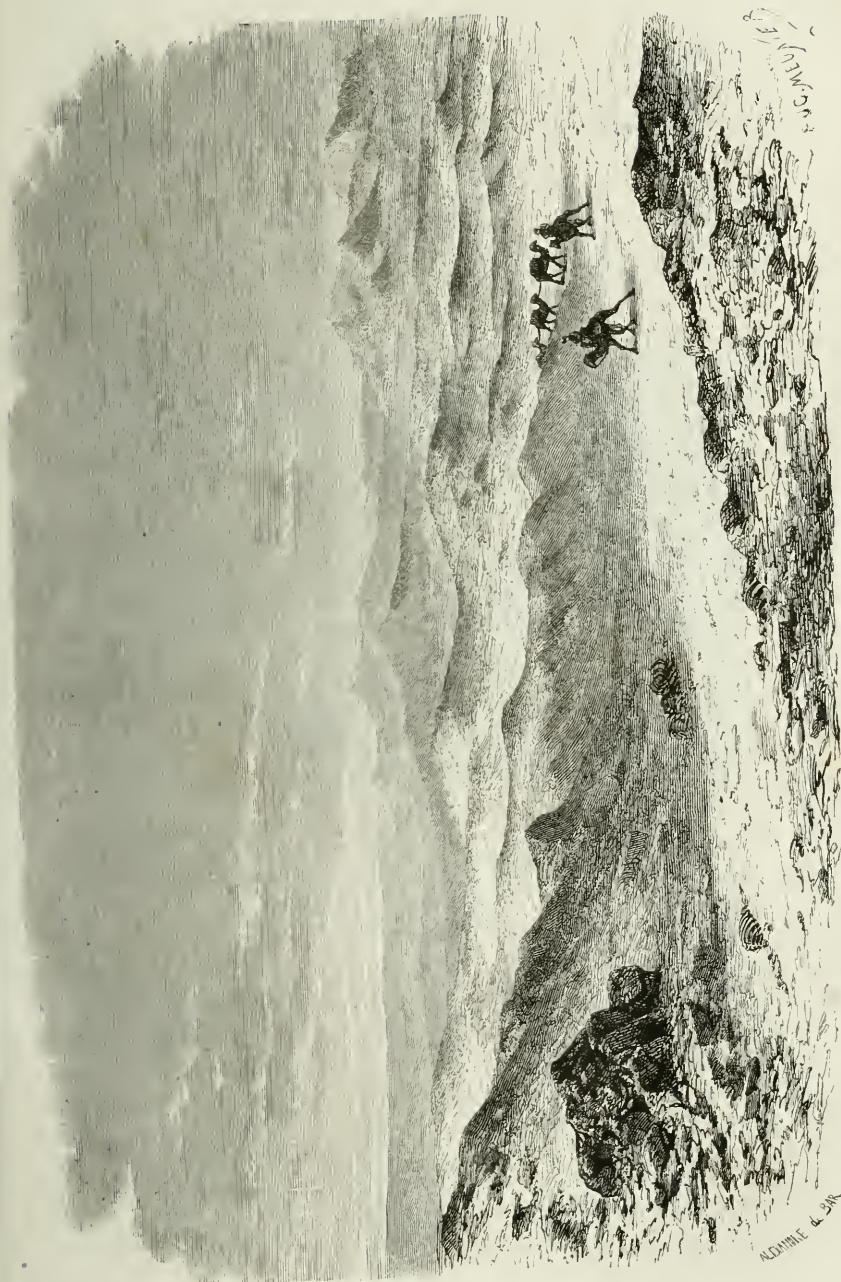
Les sables mouvants qui recouvrent une grande partie du Sahara atteignent, en quelques endroits, une telle épaisseur, que la sonde n'en trouve pas le fond à près d'une centaine de mètres.

Mais comment se sont formés ces sables ? Comment le terrain s'est-il ainsi réduit en particules aussi ténues que celles qui couvrent les rivages de nos mers ? C'est là une question qui a été diversement résolue.

Il est probable que ces amas de sable sont le résultat de la désagrégation spontanée des roches superficielles et surtout des roches quartzzeuses. Le sol s'est divisé, sous l'action d'un soleil brûlant, en particules de plus en plus ténues, et les vents qui balayaient ces petites masses ont contribué ensuite à réduire en poussière ces matières désagrégées. Le même phénomène s'observe, en effet, de nos jours encore dans la haute Égypte. On y voit des collines de grès au pied desquelles les grains de quartz accumulés forment des dunes, qui quelquefois s'élèvent assez pour masquer complètement les autres collines. Çà et là seulement on voit se dresser quelques pointes de rochers plus consistants, qui ont résisté à la décomposition, et qui émergent de cette espèce de mer de sable formée pour ainsi dire sous nos yeux.

Les vents et les ouragans qui se donnent libre carrière sur la surface immense du désert, transportent à de grandes distances de véritables montagnes de sable et de poussière, et les entassent jusqu'à une hauteur prodigieuse. L'une de ces collines, formée par l'action des vents sur les amas de sables enlevés à d'autres points du désert, s'étend depuis le Maroc jusqu'à la Tunisie : elle porte le nom d'*Arègue*.

Nous comparions tout à l'heure à une mer de sable le grand désert d'Afrique. Cette analogie poétique pourrait se justifier par bien des rapprochements. Sous l'action du vent, il se forme dans le désert des espèces de vagues de sable qui s'élèvent,



SAHARA

NEUMIE d. 30K

Fig. 53. Désert du Sahara.



progressent, roulent et s'abattent comme les vagues de l'Océan. Ces fines poussières minérales ont autant de mobilité qu'un liquide; elles obéissent au plus léger souffle de l'air. La mer et le Sahara se ressemblent par leur immensité sans bornes, par la solitude et le silence qui y règnent, jusqu'au moment où la tempête vient soulever leur mouvante surface. Le Sahara, comme l'Océan, a ses îles de verdure, ses écueils, ses rivages, qu'il tend à envahir. Dans le silence des nuits et vues au clair de lune, les masses onduleuses de sable qui, au grand jour, présentent une couleur brune ou une blancheur éclatante, paraissent émettre des lueurs phosphorescentes, comme les vagues

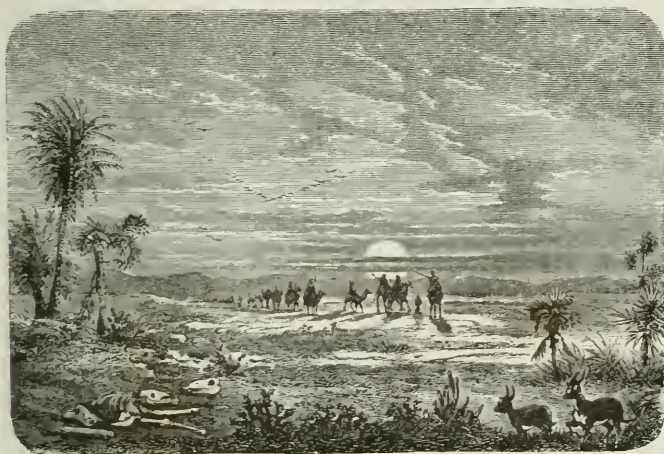


Fig. 54. Caravane dans le Sahara.

de l'Océan équatorial. L'Arabe de nos jours et les anciennes légendes de l'Orient appellent le chameau *le vaisseau du désert*. Juché sur le dos de ce patient et docile animal, le voyageur, comme le navigateur en pleine mer, n'a d'autre moyen de se diriger que la boussole et les étoiles. Le Sahara a enfin ses pilotes, ses corsaires et même ses naufrages, comme ce désert liquide que nous nommons l'Océan.

Le Sahara a été sillonné à toutes les époques par de nombreuses caravanes, qui viennent trafiquer avec les tribus campées aux confins du désert. Ces grands convois d'hommes et de chameaux se composent quelquefois de mille têtes. Rien n'est pittoresque comme l'aspect de ces longues lignes de voyageurs



se déroulant à travers l'immensité de la plaine ou comme le camp improvisé par une caravane, lorsqu'elle est forcée de faire une halte dans le cours du voyage.

A part les rencontres fortuites de ces caravanes, on marche quelquefois des journées entières sans apercevoir un seul être vivant, ou même un arbre, une herbe, sans pouvoir saluer la moindre trace de vie organique. Tout autour, aussi loin que peut s'étendre son regard attristé, le voyageur ne découvre que du sable ou des rochers arides. Le morne silence qui pèse sur la nature, pèse sur l'esprit, comme le cauchemar de la solitude; il inspire des prévisions lugubres, qui ne sont d'ailleurs que trop souvent justifiées. Le soleil ardent des tropiques, qui inonde de ses feux ce sol dénudé, échauffe l'atmosphère à un degré inouï. Sous l'influence d'un rayonnement incessant, le roc et le sable peuvent acquérir des températures de 70 degrés, et alors ils brûlent le pied du voyageur, en même temps que la réverbération du soleil échauffe l'air jusqu'à 50 degrés et même au delà.

L'air sec du désert est presque toujours rempli d'une sorte de brouillard rougeâtre qui produit à l'horizon l'effet de feux volcaniques. Le matin, le soleil se lève brusquement sans crépuscule, comme un boulet rougi au feu. A mesure qu'il monte dans le ciel, et qu'il darde ses rayons d'aplomb sur le sol embrasé, l'air s'échauffe et commence à vibrer si fortement que tous les objets à l'horizon semblent agités par des trépидations incessantes. C'est l'effet des réfractions et réflexions irrégulières des rayons lumineux qui traversent des couches atmosphériques très-inégalement échauffées.

Un autre phénomène dont la cause doit être également rapportée aux réfractions atmosphériques anormales, c'est le *mirage*, ou ce que les Arabes appellent le *lac des Gazelles* (*Bahr-el-Gazal*).

Beaucoup de voyageurs ont donné de ce curieux effet d'optique des récits plus ou moins merveilleux. Ils assurent avoir vu en plein désert de riants paysages, des îles verdoyantes, des rivières coulant entre des rives fertiles, des villes même, et une foule d'autres aspects que leur imagination surexcitée leur faisait reconnaître dans le tableau qui se déroulait à l'horizon lointain. Quelquefois, dit-on, les caravanes s'imaginent

découvrir au loin une nappe d'eau limpide dans laquelle se mirent des palmiers et où se désaltèrent de nombreux chameaux. Cette vue soutient le courage des voyageurs exténués; ils font un dernier effort pour atteindre l'oasis qui les invite

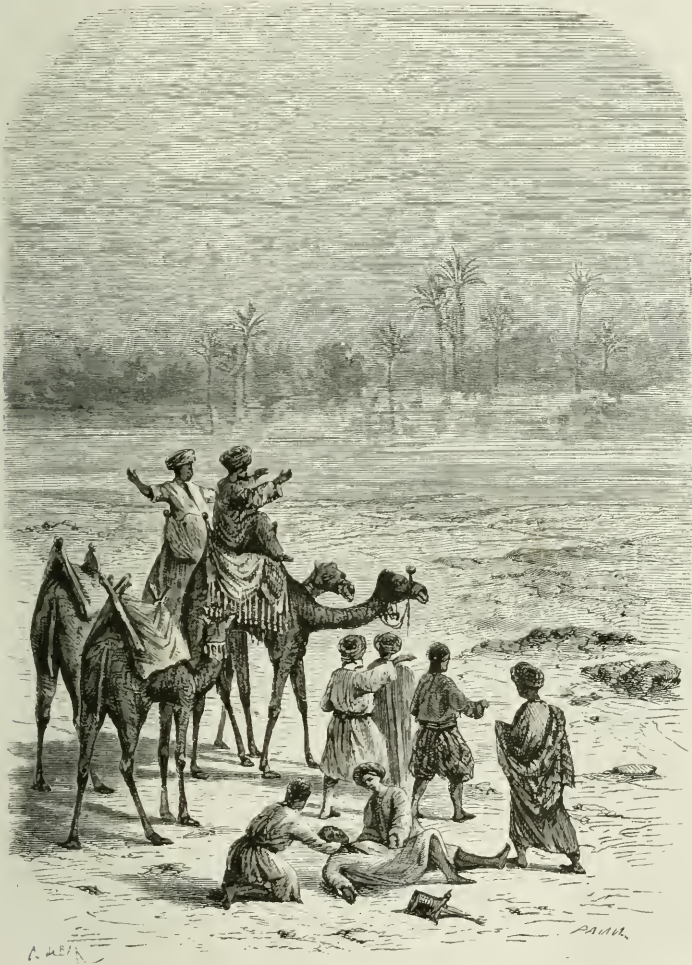


Fig. 55. Le mirage au désert.

au repos. Mais plus on marche, plus l'image trompeuse semble reculer. Bien des fois des voyageurs inexpérimentés, s'épuisant à courir après cette illusion de leurs sens, perdent leur route et succombent à la fatigue.

Tels sont les récits que l'on trouve dans bien des relations de voyageurs, anciens ou modernes. Mais si l'on fait, dans ces récits, la part de l'exagération, d'ailleurs très-naturelle dans la disposition d'esprit où se trouve un voyageur brisé de fatigue, tourmenté par la soif, aveuglé par l'éclat implacable de l'arène embrasée qu'il traverse, voici à quoi il faut réduire les effets de mirage qui peuvent s'observer dans le désert.

D'abord, pour qu'un objet devienne visible par le mirage, il faut qu'il ait une existence réelle et qu'il ne soit pas hors de portée, c'est-à-dire à une distance telle que la réfraction affaiblirait l'image jusqu'à la rendre méconnaissable. Ainsi, tous les effets du mirage sont des reproductions plus ou moins défigurées de quelque objet naturel peu éloigné, et le plus souvent de la voûte céleste elle-même. Dans ce dernier cas, les couches d'air inégalement échauffées et voisines du sol, qui réfléchissent la teinte du ciel, ressemblent par cela même à une nappe liquide. Cependant les contours du *lac des Gazelles* sont, en général, bien moins tranchés, bien moins nettement définis que ne le seraient ceux d'une nappe d'eau véritable; de plus, ces contours du miroir aérien ont presque toujours une certaine mobilité, produite par les trépidations de l'atmosphère échauffée. Quand la nappe réfléchissante paraît isolée sur une plaine de sable, elle produit, comme nous venons de le dire, l'effet d'un lac lointain. Mais quelquefois l'effet du mirage se produit près de l'horizon, la nappe liquide ne touchant la limite inférieure du ciel que par quelques points, de sorte que quand le spectateur se baisse et se redresse, les limites du ciel et de son image réfléchie se confondent ou se séparent brusquement. Les points où le contact n'a pas lieu paraissent alors comme des taches sombres, dont les formes, plus ou moins fantastiques, donnent lieu à toutes sortes d'illusions. L'un y reconnaîtra des rochers, l'autre des arbres, des îles, des chameaux, des vaisseaux à l'ancre, enfin tous les objets que son imagination pourra lui suggérer.

En résumé les effets de mirage ne peuvent reproduire que des objets réels, ils n'ont lieu que si ces objets sont assez rapprochés du spectateur. Quelquefois on observe en même temps la réflexion du ciel; on peut alors voir, par exemple, une caravane qui semble marcher dans l'eau et qui se mire dans la surface du liquide.



Ajoutons que la production du curieux phénomène du mirage est favorisée par l'existence de cavités ou d'affaissements du sol qui permettent aux rayons lumineux de décrire une courbe très-prononcée avant d'arriver à l'œil du spectateur.

Vers l'époque de l'équinoxe, les tempêtes deviennent terribles dans le désert. Tout le monde a entendu parler du vent brûlant du désert, le *simoun*, mot qui signifie *poison* chez les Arabes, et qui rappelle ainsi les effets délétères de ces tourmentes aérien-



Fig. 56. Le simoun.

nes. Ce vent redoutable souffle aussi en Égypte, où on l'appelle *khamsin* (cinquante), à cause des cinquante jours pendant lesquels on l'observe, c'est-à-dire depuis la fin d'avril jusqu'en juin. Sur la lisière occidentale du Sahara, en Sénégambie, on l'appelle *harmattan*. On a prétendu, sans le prouver suffisamment, que le *sirocco* d'Italie, le *solano* d'Espagne et le *foehn* de la Suisse ne sont que les contre-coups du simoun africain.

Le *simoun* s'annonce, dans le désert, par un point noir qui surgit à l'horizon. Ce point noir grandit rapidement. Un voile



blafard envahit le ciel ; le soleil lui-même, privé de son éclat, revêt une teinte violacée. D'épais tourbillons de poussière s'élèvent dans l'air, qui perd toute sa transparence, comme les matières pulvérulentes lancées par le Vésuve durent obscurcir l'atmosphère lorsqu'elles ensevelirent Herculanium et Pompéi. Si une caravane vient à être surprise par le simoun, on se hâte de ranger les chameaux en cercle, la tête tournée vers le centre ; et les voyageurs s'abritent au milieu de leurs bêtes, en se voilant la face, pour ne pas respirer le sable embrasé. Quelquefois ils se réfugient dans un puits, s'il en existe un à leur portée. Malgré ces précautions, bien des voyageurs périssent, suffoqués par la poussière brûlante dont l'air est surchargé.

C'est le terrible simoun qui fit périr, selon les historiens, l'armée entière du roi Cambyse engagée imprudemment en plein désert. En 1805, le simoun tua et ensevelit dans les sables toute une caravane, composée de deux mille personnes et de dix-huit cents chameaux. Plus d'une fois nos généraux, entre autres le général Desvaux, ont eu des craintes sérieuses sur le sort des colonnes de nos soldats, forcées de s'engager dans le désert, et que le simoun vint surprendre dans leur marche.

La poussière impalpable que l'air charrie en épais nuages pénètre dans les narines, les yeux, la bouche et les poumons, et détermine l'asphyxie. Quand les choses ne vont pas jusqu'à ce terme fatal, l'évaporation rapide qui se fait à la surface du corps sèche la peau, enflamme le gosier, accélère la respiration, et cause aux voyageurs une soif ardente. Le souffle terrible du simoun aspire, en passant, la sève des arbres, et fait disparaître, par une évaporation rapide, l'eau contenue dans les outres des chameliers. La caravane est alors en proie à toutes les horreurs d'une inextinguible soif qui allume le sang. C'est ainsi que, depuis l'expédition de Cambyse, plus d'une caravane a péri dans les mêmes solitudes. Aussi voit-on les routes habituellement suivies par les caravanes parsemées de squelettes d'hommes et d'animaux, blanchis par le temps et le soleil : ce sont les bornes miliaires de ces sinistres sentiers.

Il faut toutefois ranger parmi les fables ces histoires de vents pestilentiels dont le contact causerait la mort, et qui choisiraient leur victime. Les effets du simoun s'expliquent

suffisamment par la chaleur excessive qu'il apporte et par la fine poussière dont il charge l'air. Le voyageur Burckhardt, de Bâle, est le premier qui nous ait fourni des renseignements positifs sur les vents du désert, et qui ait su réduire à néant une foule de récits fantastiques que les Bédouins aiment à faire aux voyageurs, pour se faire payer plus cher leurs services.

« En juin 1813, dit M. Burckhardt, je fus surpris par le simoun en allant de Siout à Esnéh. Lorsque le vent s'éleva, j'étais seul monté sur mon dromadaire, loin de tout arbre et de toute habitation. Je m'efforçai de garantir mon visage en l'enveloppant d'un mouchoir. Pendant ce temps, le dromadaire auquel le vent chassait le sable dans les yeux, devint inquiet, se mit à galoper et me fit perdre les étriers. Je restai couché par terre sans bouger de place, car je n'y voyais pas à la distance de dix mètres, et m'enveloppai de mes vêtements jusqu'à ce que le vent se fût apaisé. Alors j'allai à la recherche de mon dromadaire, que je trouvai à une assez grande distance, couché près d'un buisson qui protégeait sa tête contre le sable enlevé par le vent. »

D'autres voyageurs qui ont traversé les déserts d'Afrique et de Perse, sont d'accord avec Burckhardt sur ce point, que le simoun n'est mortel que par un concours de circonstances malheureuses.

Parfois on voit aussi s'élever des trombes de sable qui tournent autour de leur axe et se propagent avec des vitesses inégales. Ce dernier phénomène est très-dangereux pour les voyageurs, car les trombes emportent tout ce qu'elles trouvent devant elles. Les sables mouvants du désert, poussés par les vents, tendent à envahir les rivages et les îles de ce vaste océan sans eau. En Égypte, des villes entières ont été ensevelies sous des flots de poussière, et les fouilles modernes nous ont révélé l'existence de monuments fort bien conservés sous les lits de sable qui remplissent aujourd'hui certaines vallées autrefois habitées.

Les pluies ne sont connues que dans les régions montagneuses du désert. Ces montagnes, en effet, arrêtent les nuages suspendus dans l'atmosphère. Depuis le mois de juillet jusqu'en novembre, des pluies torrentielles inondent, il est vrai, les lieux élevés : mais les eaux sauvages disparaissent en peu de temps sans descendre dans la plaine ; elles se perdent dans le sable aride, ou s'évaporent promptement sous les feux du soleil.

Voilà pourquoi les cours d'eau sont si rares au désert. Du

versant méridional de l'Atlas, quelques ruisseaux descendent dans la plaine. mais ils tarissent dans la saison chaude. Il en est de même des petites rivières qui alimentent les lacs de la grande oasis au sud de l'Algérie; aussi ces lacs sont-ils presque à sec pendant l'été. Le bord occidental du Sahara est arrosé par la rivière Ouédi-Draa, qui descend de l'Atlas marocain, et par le Sagniel, qui vient du sud; on attribue à l'une et à l'autre une longueur considérable; mais elles tarissent aussi pendant les grandes chaleurs. Du reste, ces rivières sont encore très-peu connues.

Les pluies absorbées par le sable du désert forment très-probablement de puissantes nappes d'eau souterraines, à une profondeur peu considérable. Cette circonstance est bien connue des Arabes, qui, de temps immémorial, ont mis à profit ces eaux souterraines en creusant des espèces de puits artésiens. Pour eux, le Sahara est une île qui flotte sur une mer souterraine. Lorsqu'ils manquent d'eau, ils percent le sable jusqu'à ce qu'ils arrivent à la couche aquifère. Voici ce qu'on lit, à ce sujet, dans les voyages de Shaw :

« Le Wady-Reag est un amas de villages situés fort avant dans le Sahara... Ces villages n'ont ni sources ni fontaines. Les habitants se procurent de l'eau d'une façon fort singulière. Ils creusent des puits à cent, quelquefois à deux cents brasses de profondeur, et ne manquent jamais d'y trouver de l'eau en grande abondance. Ils enlèvent, pour cet effet, diverses couches de sable et de gravier, jusqu'à ce qu'ils trouvent une espèce de pierre qui ressemble à l'ardoise, et que l'on sait être précisément au-dessus de ce qu'ils appellent *bahar toht el erd*, ou *la mer au-dessous de la terre*, nom qu'ils donnent à l'abîme en général. Cette pierre se perce aisément, après quoi l'eau sort si soudainement et en si grande abondance, que ceux qu'on fait descendre pour cette opération en sont quelquefois surpris et suffoqués, quoiqu'on les retire aussi promptement qu'il est possible<sup>1</sup>. »

Ptolémée a comparé la surface du Sahara à une peau de panthère : le pelage jaune représente les plaines de sable, les taches noires sont les oasis éparses sur cette solitude immense. L'existence des oasis et de tous les villages qui se groupent autour de ce centre de végétation isolée dépend d'un arbre bien-taisant, le dattier. Mais pour vivre, le dattier comme le pal-

1. *Voyages de Shaw dans plusieurs provinces de la Barbarie*, 1743, tome I, p. 125.





Fig. 57. Puisatiers arabes.





mier, son congénère, doit avoir, selon le mot arabe, « le pied dans l'eau et la tête dans le feu. » Pour trouver l'eau indispensable à la vie du dattier, l'Arabe a, de tout temps, creusé des puits en enlevant la couche de sable, et perforant le banc de gypse qui recouvre la couche aquifère.

Parmi les Arabes de l'Oued-Rir, les *puisatiers* (*R'tuss*) forment une corporation particulière qui jouit d'une grande considération. Les moyens qu'ils emploient sont d'ailleurs tout à fait barbares. Comme ils ne peuvent pas épuiser les eaux d'infiltration, ils travaillent fréquemment sous l'eau, quelquefois sous des colonnes de 40 mètres de hauteur; quelques-uns périssent par suffocation, les autres meurent de phthisie pulmonaire au bout de peu d'années. Chaque plongeur ne reste que deux ou trois minutes sous l'eau, puis ramène son panier rempli de déblais; on comprend avec quelle lenteur doit marcher le creusement d'un puits dans de telles conditions (fig. 57).

Les puits creusés avec tant de peine n'ont quelquefois qu'une durée éphémère: un coup de vent ou le simoun vient y rejeter les sables, qui reprennent possession de leur domaine, et l'oasis meurt avec la source qui la fertilisait.

Depuis 1856, nos ingénieurs ont foré avec succès environ quarante-six puits artésiens sur la lisière septentrionale du Sahara, dont M. Charles Laurent avait préalablement exploré la constitution géologique. Trente-trois puits, qui existaient déjà, ont été repris et creusés à nouveau. La nappe d'eau se divise quelquefois en deux couches superposées, en sorte qu'elle fournit à la sonde des sources qui jaillissent à différentes profondeurs. Ces profondeurs varient seulement entre 50 et 100 mètres. Le jet d'eau souterraine entraîne des poissons, nommés *cynodontes*, qui ne vivent point, comme quelques-uns l'ont dit, dans ces rivières souterraines, mais qui s'y étaient introduits des puits voisins, pour y frayer.

La première source artésienne abondante fut obtenue, en 1856, à Tamerna, dans l'Oued-Rir; elle causa une grande joie parmi les Arabes. Leur marabout, après l'avoir bénie et consacrée, lui donna le nom de *Fontaine de la paix*. Le puits artésien qui fut ensuite foré dans la localité de Sidi-Rached rendit la vie à cette ancienne oasis ruinée par la sécheresse, à laquelle ces solitudes semblaient condamnées pour toujours.

Les eaux souterraines répandues à la surface du sol africain y provoquent une végétation salubre, qui attire les nuages et précipite les vapeurs atmosphériques. Chaque source devient donc un centre autour duquel se groupent les habitations et les cultures : elle est, pour ainsi dire, l'âme de l'oasis ; aussi les habitants la ménagent-ils avec le plus grand soin. L'orifice du puits est recouvert d'une peau, qui le défend contre l'invasion des sables ; de petites rigoles amènent son eau dans les jardins, où elle arrose les légumes, à l'ombre des palmiers. Sans eau, la vie est impossible au désert : quand une source tarit, le sable reprend possession de son ancien domaine. Privés d'eau, le dattier et le palmier périssent, et leur disparition amène celle des cultures qui ne sont possibles que sous leur ombre. Les ruines éparses dans le Sahara attestent l'existence de villages importants, dont la ruine n'eut pas d'autre cause que l'arrêt accidentel d'une bienfaisante source. Les Arabes disent, dans ce cas, que la source *meurt*. L'oasis de Tébâich a péri ainsi il y a quelques années. Les pointes de ses dattiers, dépouillées de leurs palmes, se dressent aujourd'hui au-dessus des sables, comme les mâts des navires d'une flotte échouée.

On se fait communément une idée très-inexacte des *oasis* (fig. 58), tant sous le rapport de leur étendue que de la nature du sol. Les oasis les moins considérables ont encore une étendue de plusieurs journées de marche dans un sens ou dans l'autre. ce qui donne une superficie de 200 à 300 kilomètres carrés, étendue qui ne peut sembler médiocre que proportionnellement à l'immensité du désert. Les grandes oasis sont d'ailleurs plus nombreuses que les petites, parce qu'elles résistent beaucoup mieux à l'invasion des sables mouvants. L'oasis de l'Ouadi-Follesseles est d'une longueur de 300 kilomètres sur 100 kilomètres de large. L'oasis de Thèbes a une étendue de 100 kilomètres sur 15. La grande oasis d'Asben ou d'Aïr occupe, du nord au sud, et de l'ouest à l'est, une étendue de 3 degrés ou d'environ 330 kilomètres, d'après M. Barth qui l'a visitée en 1850. Composée de plateaux dont la hauteur moyenne est de 600 mètres, et de montagnes qui atteignent 2000 mètres d'élévation, on pourrait appeler cette oasis la *Suisse du désert*. L'air y est très-pur, salubre et relativement frais. On y cul-





Fig. 58. Oasis du Sahara.





tive du blé, et notamment du millet et du sorgho (dourrha). Les animaux qui s'y rencontrent sont le lion sans crinière, le léopard, l'hyène, le chacal, le singe, l'antilope, l'autruche, le pigeon, la pintade, etc., etc. La capitale de cette oasis, la ville d'Agadès, était autrefois florissante et rivalisait avec Tombouctou.

Des royaumes entiers, dans le désert, n'occupent chacun qu'une seule oasis. Ainsi on peut regarder comme de grandes oasis, au nord, le Fezzan, pays montagneux à vallées fertiles, et au sud, le Darfour, situé à l'ouest du Cordofan. L'Égypte elle-même n'est, comme nous l'avons déjà dit, qu'une grande oasis.

Les forêts de palmiers sont surtout ce qui constitue les oasis. L'Arabe dit que Dieu créa le palmier en même temps que l'homme, pour faire servir cet arbre à l'entretien de la vie humaine; c'est le rôle bienfaisant qui est réservé au bananier dans les régions tropicales. Le palmier prospère dans les oasis africaines, parce que cet arbre rustique s'accommode, et même se trouve bien, de l'eau saumâtre, la seule que fournisse le désert. Le palmier et le dattier sont les arbres les plus communs des oasis. Les palmiers femelles surtout sont abondants, les palmiers mâles sont rares. Les Arabes fécondent artificiellement, au printemps, les palmiers femelles, en y secouant le pollen des fleurs mâles.

L'Arabe sait quelquefois créer une oasis artificielle avec quelques palmiers. Pour cela il creuse un trou jusqu'à huit mètres de profondeur, et dans ce trou il plante un palmier. Les racines profondes de cet arbre robuste percent le sol et pénètrent jusqu'à la couche souterraine aquifère; dès lors le palmier peut se passer d'arrosage, et sous son ombre les autres végétaux peuvent être cultivés. Il arrive quelquefois que le vent ou le simoun comble ces trous à palmiers: alors l'Arabe recommence avec courage le travail fatigant qui consiste à dégager le trou de huit mètres de profondeur, des sables qui l'ont envahi.

En outre des palmiers et dattiers, on cultive dans les oasis beaucoup d'arbrisseaux, des légumes et des céréales. On y cultive aussi l'orge, cette céréale vraiment cosmopolite puisqu'on la voit jusqu'en Laponie et qu'on la retrouve dans les sables brûlants du Sahara.

Les forêts des oasis sont les seuls points du désert où l'on rencontre des bêtes féroces. La fantaisie des poètes a fait du lion le *Roi du désert*. Un peu de réflexion aurait pourtant fait comprendre que cet animal mourrait nécessairement de soif au milieu des sables du désert. Le lion du désert est un pur enfant de l'imagination. Le lion d'Afrique ne sort pas de ses montagnes, où il trouve sa proie et de l'eau. Interrogés au sujet de la présence du roi des animaux dans le désert, les Arabes répondent : « Il y a donc chez vous des lions qui boivent de l'air et qui mangent du sable ? Chez nous, le lion a besoin d'eau fraîche et de chair vivante.... »

L'autruche seule, grâce à sa sobriété, peut parfois s'aventurer impunément dans les sables. Cette arène brûlante n'est régulièrement habitée que par un gros lézard aux écailles brillantes, le *shob*, la salamandre du désert.

L'animal domestique du Sahara, c'est le chameau, comme le renne est celui des steppes boréales. Ces deux espèces d'animaux se succèdent dans la zone des déserts ; ils semblent prédestinés à faciliter et à rendre possible à l'homme le séjour de ces régions également déshéritées. Le chameau porte en lui un réservoir d'eau naturel qui lui permet de rester des semaines entières sans boire, et qui, même après sa mort, peut sauver le chamelier en détresse. L'instinct du chameau lui fait deviner à une grande distance les oasis et les sources ou nappes d'eau ; en outre il prévoit, comme d'autres animaux, la tempête et surtout le simoun. Le *méhari*, la variété la plus estimée du chameau, est d'une vigueur et d'une rapidité incroyables. On dit qu'un méhari fit un jour, en vingt-quatre heures, le chemin de Tripoli à Rh'adamès (plus de cent lieues), mais il succomba en arrivant. D'habitude, le méhari fait de trente à quarante lieues dans sa journée. La marche du chameau ordinaire est beaucoup moins rapide.

Les caravanes qui traversent le désert à dos de chameau ont l'habitude d'échelonner sur leur route des tas de pierres (*ker-kours*) qui signalent le voisinage des sources et guident les voyageurs. Chaque passant ajoute sa pierre au tas, et contribue ainsi à l'entretien de ces monuments qui rappellent les *cairns* des expéditions polaires. Lorsqu'une caravane qui manque de vivres en rencontre une autre mieux pourvue, on fait le partage des

provisions, qui consistent en eau, dattes, beurre et pain d'orge ; c'est là un usage auquel se conforment même les Touaregs, ces pirates du désert.

Les progrès toujours croissants de l'industrie moderne finiront peut-être par créer, dans le grand désert de l'Afrique, de nombreuses oasis qui en rendront le séjour moins dangereux et moins pénible, et qui contribueront à changer les mœurs nomades de ses habitants. Les forages artésiens exécutés dans le Sahara algérien ont déjà donné lieu à une remarquable révolution dans la constitution de la société arabe, en déterminant plusieurs tribus nomades à se fixer définitivement dans les contrées arrosées, et à se faire cultivateurs. Il est probable que si les puits artésiens parvenaient à se multiplier considérablement, les oasis ne tarderaient pas à naître sous la bienfaisante influence de ces cours d'eau, si heureusement enlevés aux entrailles du sol. L'intérieur de l'Afrique prendrait alors une face nouvelle ; l'homme pourrait y conquérir un domaine immense, et il ne resterait plus qu'un petit nombre de traits fidèles dans la sombre peinture que nous venons de tracer de la *mer sans eau*.

Le désert de Gobi (fig. 59) s'étend de l'ouest à l'est, du Turkestan à la Mandchourie, sur une longueur de plus de 2000 kilomètres ; il forme une grande partie de la Mongolie. Sa partie orientale est appelée par les Chinois *Chamo* (*mer de sable*), sa partie occidentale *Chachin*.

Le désert de Gobi est loin de présenter partout le même aspect. Dans sa partie orientale, le sable mouvant couvre presque partout le sol, que font onduler des buttes de granit et des collines de sable. Dans la partie occidentale, les plaines sablonneuses sont entrecoupées de marécages. Quelques oasis parsèment cette partie du désert ; la principale est celle de *Kami*. Là des ruisseaux entretiennent des pâturages, des arbres et une assez riche végétation. En dehors de ces rares oasis, les cartes n'indiquent que des lacs salés de peu d'étendue, presque toujours à sec, des puits, des sources et des stations pour les caravanes et les postes chinois.

La végétation de cette partie du désert de Gobi est chétive. Ce sont de petits espaces couverts d'herbes, au-dessus des-



quelles s'élèvent des buissons rabougris, des abricotiers sauvages et de faux acacias. « Au printemps et en été, dit Malte-Brun, lorsqu'il ne tombe pas de pluie, les végétaux se dessèchent. et le sol brûlé n'inspire au voyageur que des sentiments empreints de tristesse et d'horreur ; la chaleur y est de peu de durée, l'hiver y est long et froid. Les animaux sauvages qu'on y rencontre sont le chameau, le cheval, l'âne. le *djightai* et des troupes d'antilopes. »

La partie méridionale du désert de Gobi, qui s'étend jusqu'à la grande muraille de la Chine, ne mérite plus le nom de désert, dans l'idée que nous attachons à ce mot. Le sol est fertile ; il abonde en pâturages, et nourrit des myriades de troupeaux, sous la conduite de millions de pasteurs chinois et mongols qui l'appellent la *terre des herbes*. Le pays est arrosé par de nombreux ruisseaux et couvert de forêts, où l'on trouve des noyers, des ormes, des trembles et des noisetiers. Toutes les céréales, un grand nombre de légumes et de fruits y poussent ; aussi beaucoup de Chinois et de Mongols s'y livrent-ils à la culture des jardins.

Le grand désert de l'Asie centrale a exercé une influence funeste sur les destinées de la race humaine : il a arrêté l'extension de la civilisation asiatique. Les races primitives de l'Inde et du Tibet ont été civilisées de bonne heure ; mais l'immense désert qui les séparait mit une barrière infranchissable entre eux et les grossières peuplades du nord de l'Asie. Plus que l'Himalaya, plus que les montagnes neigeuses de Sirinagur et de Gorkha, ces steppes inconnues et désertes ont empêché toute communication, toute fusion entre les habitants du nord et ceux du midi de l'Asie ; et c'est ainsi que l'Inde et le Tibet sont restées les seules régions de cette partie du monde qui aient joui du bienfait de la civilisation, de l'adoucissement des mœurs et du génie des arts.

Les Barbares qui, vers la fin de l'empire romain, envahirent et ébranlèrent l'Europe, sortaient des steppes et des plateaux de la Mongolie. C'est ce qu'établit de Humboldt dans les lignes suivantes :

« Si la culture intellectuelle, dit de Humboldt, a dirigé sa course de l'orient à l'occident, comme la lumière vivifiante du soleil, la barbarie plus tard a suivi aussi le même chemin, quand elle a menacé de replou-



Fig. 59. Désert de Gobi (Chine et Mongolie.)



ger l'Europe dans les ténèbres. Un peuple de pasteurs hasanés, d'origine *thon-khiu*, c'est-à-dire turque, les Hiongou, habitaient, sous des tentes de peaux, la steppe élevée de Gobi. Longtemps redoutable à la puissance chinoise, une partie des Hiongou fut repoussée vers le sud, dans l'Asie centrale. L'impulsion qu'ils donnèrent se propagea sans interruption jusque dans la patrie primitive des Finnois, sur les bords de l'Oural, d'où sortirent violemment les Huns, les Avars, les Chasares, et divers mélanges de races asiatiques. Les armées des Huns parurent d'abord sur les bords du Volga, puis en Pannonie, enfin sur les rives de la Marne et sur celles du Pô, ravageant les belles campagnes où, depuis le temps d'Anténoir, le génie de l'homme avait accumulé monuments sur monuments. Ainsi soufflait des déserts mongols un vent empesté qui étouffait jusque dans les plaines cisalpines la fleur délicate de l'art, objet de soins si tendres et si constants<sup>1</sup>. »

1. *Tableaux de la nature*, vol. I, page 8.





# TEMPÉRATURE DU GLOBE.

---

## I

Température du globe terrestre. — Température superficielle et température intérieure. — Les climats. — Les lignes isothermes. — Température moyenne de différents lieux du globe. — Températures extrêmes observées en différents lieux.

Passons à l'étude générale de la température du globe.

Nous poserons ici une grande distinction qui nous permettra de distribuer en deux groupes les sujets divers que nous avons à considérer. La chaleur de notre globe a deux origines bien différentes : elle vient, d'une part, du soleil ; elle vient, d'autre part, du noyau liquide incandescent qui est caché dans ses profondeurs, et dont le calorique se transmet partiellement jusqu'à sa surface. Cette dernière cause d'échauffement qui a exclusivement agi aux premiers temps de notre planète, est aujourd'hui peu sensible, en raison de l'épaisseur qu'a fini par acquérir la croûte consolidée du globe. Aussi la chaleur du soleil est-elle à peu près la seule qui, de nos jours, contribue à échauffer la terre à sa surface. Cependant le foyer qui couve dans ses profondeurs révèle son existence par les plus terribles et les plus imposants phénomènes de la nature, c'est-à-dire par les tremblements de terre et les volcans. A ce titre, il mérite d'être pris dans cet ouvrage en sérieuse considération.

D'après cette remarque, nous partagerons en deux sections l'étude de la température du globe terrestre, et nous considérerons successivement :

1° Les effets de la chaleur solaire ; 2° les effets du feu central.

Au premier groupe se rapportera l'étude des températures de

la surface du globe, c'est-à-dire celle *des climats*; au second se rattachera l'exposition des phénomènes des tremblements de terre et des vocans.

L'expression de *climat*, dans le sens le plus général, comprend l'ensemble des variations atmosphériques dont nos organes sont affectés d'une manière sensible, savoir : la température, l'humidité, la pression barométrique, le calme de l'atmosphère, les vents et les orages, la tension électrique, la pureté de l'air ou la présence des miasmes, enfin le degré relatif de transparence et de sérénité du ciel. Toutes ces questions touchent, on le voit, à l'état de l'atmosphère; en d'autres termes, elles appartiennent à la météorologie, science qui ne fait pas l'objet de ce livre. Il est néanmoins indispensable de placer ici quelques considérations sur la distribution de la chaleur à la surface du globe et sur la division des climats.

La source principale de chaleur superficielle pour notre planète, c'est le soleil. La durée de sa présence au-dessus de l'horizon et de son élévation sont les mêmes pour tous les lieux situés au même degré de latitude. Si donc la surface terrestre était composée d'une même couche homogène, offrant partout la même couleur, la même densité, le même pouvoir absorbant et émissif pour la chaleur rayonnante, la température moyenne<sup>1</sup> devrait être la même sous la même latitude, de sorte que les parallèles seraient aussi les lignes *isothermes*, *isothères* et *isochimènes*, c'est-à-dire les lignes d'égale température *annuelle*, *estivale* et *hivernale*. Mais cet état primitif, dont la simplicité se prêterait admirablement à une théorie mathématique, à une science exacte des climats, est profondément modifié par l'iné-

1. Expliquons ce que l'on entend par la *température moyenne* d'un lieu. Si l'on observe le thermomètre régulièrement chaque jour et à des intervalles plus ou moins rapprochés, et que l'on prenne la moyenne de ces observations, c'est-à-dire la somme de chiffres observés divisée par le nombre des observations, on obtient la *moyenne de la température du jour*. Si le thermomètre, observé par exemple à Paris, à six heures du matin, a donné + 8°; à neuf heures, + 13°; à trois heures, + 12°, et à minuit, + 7°, la moyenne des températures du jour sera  $\frac{8 + 13 + 12 + 7}{4} = 10^\circ$ . Si au bout de plusieurs années d'observations on

réunit les moyennes de la température d'un jour donné, par exemple celle du 5 mai, on obtiendra la température moyenne générale de ce jour de l'année. On peut trouver, de la même manière, la température de chaque mois; enfin, en réunissant les températures des douze mois, et prenant la moyenne de ces nombres, on aura la *température moyenne* du lieu de l'observation.

Citons comme exemple la station de Paris. D'après environ cinquante années

gale répartition de la terre ferme et de l'eau sur le globe terrestre, par le relief capricieux de l'écorce solide au-dessus et au-dessous des mers, et par la variation de la constitution chimique des masses qui composent cette écorce minérale. L'interposition des eaux fait aussi considérablement varier la température de l'air. L'eau s'échauffe beaucoup moins à sa surface que les terres, parce que la quantité de calorique nécessaire pour élever de 1 degré la température d'une couche d'eau est beaucoup plus considérable que celle qui suffit pour élever de la même quantité une égale couche de matière terreuse. Dans l'eau, la chaleur envoyée par le soleil pénètre à une grande profondeur, au lieu de se concentrer à la surface, comme il arrive pour le sol opaque et solide. D'un autre côté, l'évaporation continuelle de l'eau refroidit considérablement ce liquide.

Ces différentes causes ont pour résultat de rendre pendant l'été l'atmosphère plus froide sur l'eau que sur les continents. En hiver, au contraire, la surface des mers conserve plus de chaleur que la surface continentale, parce que les molécules liquides plus chaudes remontent sans cesse des bas-fonds dans lesquels la chaleur avait pénétré pendant l'été, ce qui amène du calorique à la surface des eaux. La mer ne suit donc qu'avec une lenteur excessive les variations de température de l'atmosphère, produites par le rayonnement solaire. La masse énorme de ses eaux sert à égaliser les températures de notre globe; elle tempère la rigueur des hivers et l'ardeur des étés. De là une différence marquée entre le *climat marin* (celui des

d'observations et en prenant les mesures mensuelles des températures *maxima*, *minima* et *moyennes*, on obtient les chiffres contenus dans le tableau suivant :

Mois.	Maxima.	Minima.	Moyennes.
Janvier.....	+ 5 <sup>o</sup> ,0	— 0 <sup>o</sup> ,9	+ 2 <sup>o</sup> ,1
Février.....	7 <sup>o</sup> ,3	+ 0 <sup>o</sup> ,7	4 <sup>o</sup> ,0
Mars.....	10 <sup>o</sup> ,0	3 <sup>o</sup> ,1	6 <sup>o</sup> ,6
Avril.....	13 <sup>o</sup> ,1	6 <sup>o</sup> ,5	9 <sup>o</sup> ,8
Mai.....	18 <sup>o</sup> ,4	16 <sup>o</sup> ,7	14 <sup>o</sup> ,5
Juin.....	21 <sup>o</sup> ,1	13 <sup>o</sup> ,6	17 <sup>o</sup> ,3
Juillet.....	22 <sup>o</sup> ,7	15 <sup>o</sup> ,4	19 <sup>o</sup> ,0
Août.....	22 <sup>o</sup> ,4	14 <sup>o</sup> ,6	18 <sup>o</sup> ,5
Septembre ..	18 <sup>o</sup> ,9	12 <sup>o</sup> ,1	15 <sup>o</sup> ,5
Octobre.....	14 <sup>o</sup> ,6	7 <sup>o</sup> ,3	11 <sup>o</sup> ,0
Novembre ..	9 <sup>o</sup> ,7	3 <sup>o</sup> ,9	6 <sup>o</sup> ,8
Décembre ..	6 <sup>o</sup> ,0	0 <sup>o</sup> ,3	3 <sup>o</sup> ,6
Moyenne annuelle.....	14 <sup>o</sup> ,2	7 <sup>o</sup> ,3	10 <sup>o</sup> ,7



îles et des côtes) et le *climat continental*. Le premier est caractérisé par l'uniformité des températures, lesquelles varient assez peu de l'hiver à l'été ; le second présente des variations excessives, des hivers très-froids, suivis d'été fort chauds. Ainsi, sur l'océan Atlantique, la température ne descend jamais au-dessous de  $+ 10$  degrés sous la latitude de Bordeaux, tandis qu'à Bordeaux la température moyenne de l'hiver est de  $+ 6$  degrés seulement. Sous la latitude de Bruxelles, la température moyenne de l'Océan reste toujours au-dessus de 9 degrés, température supérieure à celle de Bruxelles.

Des points semblablement situés au nord et au sud de l'équateur n'ont pas non plus la même température moyenne : aux îles Malouines, par exemple, le climat est plus froid que chez nous sous la même latitude boréale ( $51^{\circ}$ ), à cause de l'immense nappe d'eau qui entoure ces îles.

Des considérations analogues expliquent la différence qui existe entre les climats de la côte orientale et de la côte occidentale d'un même continent. Les vents *alizés*, ou vents d'est de la zone tropicale, déterminent dans l'atmosphère des contre-courants qui font prédominer dans les zones tempérées les vents d'ouest ou de sud-ouest. Ce sont des vents de terre pour les côtes orientales, et des vents de mer pour les côtes occidentales.

Les vents exercent une grande influence sur les climats des régions qu'ils visitent, parce qu'ils portent dans ces lieux la température des contrées qu'ils viennent d'abandonner. Le vent du sud-ouest qui arrive à Boston, à Québec, etc., a déjà franchi toute l'étendue de l'Amérique du Nord, et en a pris la température, chaude en été, froide en hiver ; il ne pourra donc ni abaisser la température estivale de la côte orientale d'Amérique, ni en élever la température hivernale. Au contraire, en arrivant sur la côte occidentale de l'Europe, il portera avec lui la température modérée de l'océan Atlantique, et aura pour effet de tempérer sur nos côtes la chaleur des étés et la rigueur des hivers. Voilà pourquoi les climats des côtes occidentales de l'ancien monde sont moins excessifs que ceux des côtes orientales du nouveau continent, qui forment la rive opposée de l'océan Atlantique. Les côtes occidentales de l'Amérique, exposées aux vents du Pacifique, offrent aussi des climats moins rigoureux que les côtes opposées.

Ces diverses causes : la configuration des continents et la distribution des eaux autour de ces continents ; l'exposition aux vents régnants ; la présence de montagnes qui peuvent servir de remparts contre ces vents ; l'élévation d'un lieu au-dessus de la mer ; la distribution des lacs, des marécages et des forêts, qui agissent comme des réfrigérants sur le sol, et une foule d'autres circonstances plus ou moins efficaces, modifient énormément le cours des lignes *isothermes* ou d'*égale chaleur* (ἴσος, égal ; θερμός, chaud) par des perturbations locales bien difficiles à préciser. Il en résulte que le tracé des lignes isothermes que l'on obtient en faisant passer des lignes courbes par les séries de points offrant la même température annuelle, présentent les sinuosités et les inflexions les plus capricieuses. Entre les tropiques, elles ne s'éloignent pas autant des latitudes que dans les régions du Nord, où les causes de variation sont plus nombreuses.

La carte placée en regard de cette page représente les *lignes isothermes* le plus généralement admises d'après les travaux de Humboldt modifiés par des observations plus récentes.

La ligne de plus grande chaleur, ou *équateur isotherme*, coupe l'équateur terrestre sous les longitudes de Taïti et de Singapour, et traverse le Pacifique au sud et l'Atlantique au nord de la ligne équinoxiale. La température moyenne de la ligne de chaleur maximum est d'environ 29° ; elle est plus spécialement de 28°.3 pour l'Asie, de 27°.5 pour l'Afrique, de 29°.2 pour l'Amérique ; c'est donc en Afrique et en Amérique que l'on trouve les deux extrêmes. L'océan Pacifique est de 1° environ plus chaud sous l'équateur thermal que l'océan Atlantique. L'hémisphère austral est, en général, beaucoup moins chaud que l'hémisphère opposé, ce qui tient à la prédominance des grandes nappes d'eau dans le sud de la terre.

Les deux pôles de la terre ne paraissent pas être les points les plus froids du globe ; ce que l'on appelle les *pôles du froid*, c'est-à-dire les points des températures *minima* du globe, n'est pas encore bien déterminé. Il semblerait, d'après M. Brewster, qu'il y en ait deux au nord : l'un en Sibérie, l'autre en Amérique ; mais cette hypothèse n'est pas admise par le célèbre météorologiste allemand Dove. La température moyenne du pôle nord de la terre est probablement peu éloignée de 8°

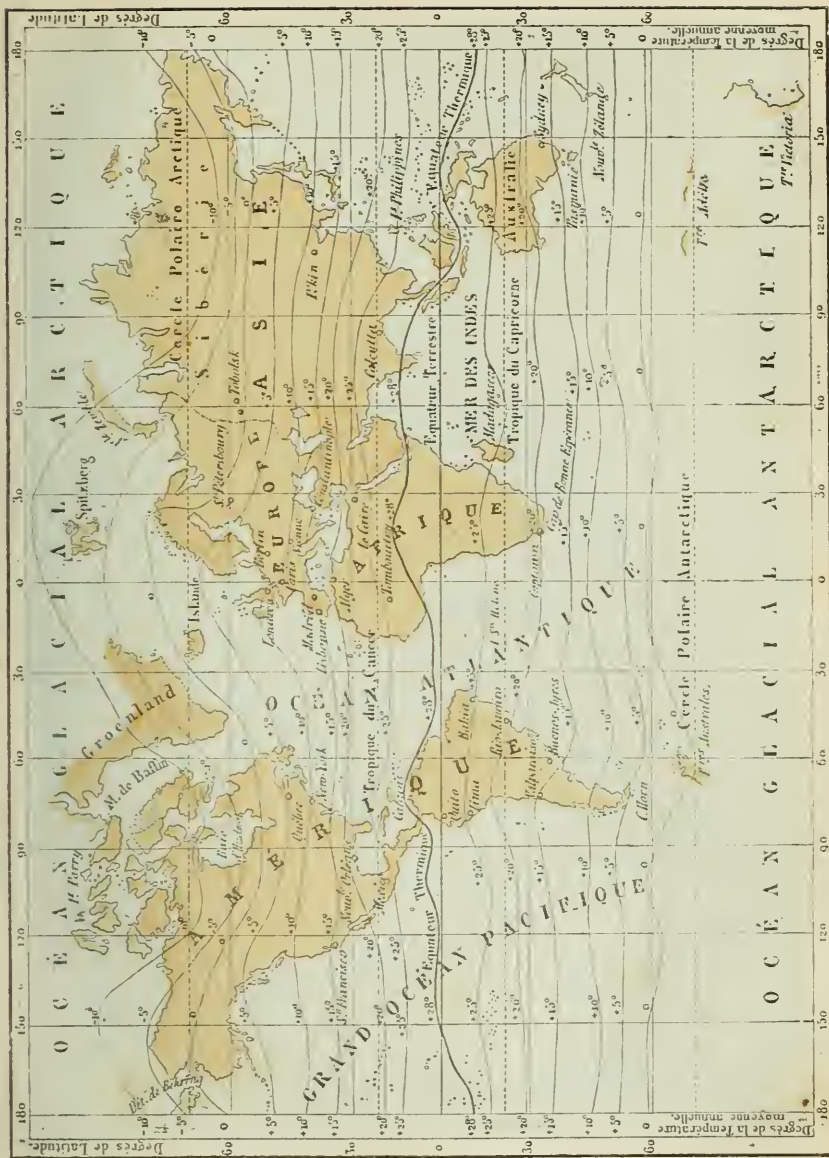
au-dessous de zéro; il n'est pas impossible dès lors qu'il existe là une mer débarrassée de glaces, comme le veut le docteur Kane.

Si l'on considère séparément les températures de l'été et de l'hiver dans les différents lieux du globe, on peut tracer des lignes sur lesquelles on trouve ces températures constantes, et qui s'appellent *lignes isothermes* (égal été) et *lignes isochimènes* (égal hiver). Ces lignes sont aussi irrégulières que les lignes isothermes générales. Cependant entre les tropiques elles ne diffèrent pas beaucoup des parallèles. Là les saisons se distribuent assez régulièrement, et il n'y en a guère que deux : la saison sèche et la saison humide (hivernage). La première dure quatre ou cinq mois, la saison des pluies sept à huit mois avec quelques éclaircies de beau temps.

Quand on construit les courbes isothermes, il faut autant que possible choisir des lieux également élevés au-dessus du niveau de la mer, car la seule élévation d'un lieu dans l'atmosphère abaisse déjà sa température. Cette remarque nous amène à l'importante question de la décroissance de la température de l'air quand on s'élève au-dessus de la surface du globe.

La quantité dont il faut s'élever dans l'air pour trouver un abaissement de 1 degré est très-variable selon la localité, la saison et l'heure de la journée. Sous la zone torride, de Humboldt a trouvé cette hauteur de 194 mètres par degré; pour la Suisse, on a donné 144 mètres comme résultat moyen d'un grand nombre d'observations. Mais ces chiffres ne sauraient être généralisés. D'après un physicien anglais, M. Glaisher, qui a fait, en 1862 et 1863, des ascensions aérostatiques dans le but de déterminer la loi de décroissance des températures atmosphériques avec la hauteur, le thermomètre baisse d'abord de 1 degré centigrade pour 60 mètres, puis de moins en moins rapidement, et enfin ne descend plus de 1 degré que pour chaque 600 mètres (lorsqu'on a atteint des hauteurs absolues de 10 kilomètres). La correction par laquelle les physiciens réduisent les températures moyennes au niveau de la mer est donc assez vague. La variabilité de l'abaissement thermométrique avec l'élévation absolue se manifeste surtout dans la limite des neiges perpétuelles, dont nous parlerons plus loin.

(TABLEAU DE LA NATURE PAR LOUIS FIGUIER)



CARTE DES LIGNES D'EGALE TEMPERATURE SUR LE GLOBE D'APRES DE HUMBOLDT.  
No 13.





Il ne sera pas sans intérêt de faire connaître ici quelques-unes des températures extrêmes qui ont été observées sur le globe.

Parlons d'abord des chaleurs extrêmes. Entre les tropiques, de Humboldt a fréquemment trouvé au-dessus de  $52^{\circ}$  centigrades la température du sol exposé aux rayons solaires ; et Arago observa un jour  $53^{\circ}$  dans le sable du jardin de l'Observatoire, à Paris. M. H. Marès, pendant qu'il étudiait, en 1854, l'action du soufre sur les vignes atteintes de l'*oidium*, constata que la température du sol arable, dans la plaine de Launac, près de Gigean (Hérault), était de  $51$  à  $55^{\circ}$ . Le sable granitique blanc près de l'Orénoque, qui porte une belle végétation, a été trouvé par de Humboldt à  $60^{\circ}$ . Enfin, Nouet a noté  $67^{\circ},5$  dans le sable, près Philæ, en Égypte.

À l'ombre et en plein air, on a observé les températures suivantes :

A Paramatta, en Australie, $41^{\circ}$ .....	lord Brisbane).
Au cap de Bonne-Espérance, $43$ à $44^{\circ}$ ...	(Lacaille .
A Pondichéry, $44$ à $45^{\circ}$ .....	(Le Gentil).
A Madagascar, $45$ à $46^{\circ}$ .....	le même auteur).
A Esnéh, en Égypte, $47$ à $48^{\circ}$ .....	Burckhardt'.
A Mourzouk, dans le Fezzan, $56^{\circ}$ .....	Ritchie.

Les plus hautes températures observées à Paris depuis un siècle ont été, à l'ombre : de  $+ 40^{\circ}$  le 26 août 1765, de  $39^{\circ}$  le 6 août 1705, ainsi que le 14 août 1773, et de  $38^{\circ}$  le 9 août 1863.

Passons à l'observation des froids extrêmes. La température la plus basse observée à Paris a été de  $- 23^{\circ},5$  le 25 janvier 1795. À Yakoutsck, en Sibérie, on a vu le thermomètre descendre, en janvier, jusqu'à  $- 58^{\circ}$ . Franklin a observé  $50^{\circ}$  de froid à Fort-Entreprise ( $64^{\circ}5'$  latitude nord). Black, au nord de l'Amérique, a supporté un froid de  $- 56^{\circ},7$ . La température moyenne de l'île Melville est, d'après le capitaine Parry, de  $- 18^{\circ},5$  ; les *minima* et *maxima* ont été, d'après lui,  $- 47^{\circ}$  et  $+ 15^{\circ},6$ . Mais le navigateur Mac Clure y a observé  $- 54^{\circ}$  centigrades, en janvier 1853, mois dont la température moyenne fut de  $- 42^{\circ}$ .

Des deux extrêmes  $+ 56^{\circ}$  constatés dans le Fezzan, et  $- 58^{\circ}$  observés à Yakoutsck, la distance est de  $114^{\circ}$  centigrades ! Tels sont les écarts de température que l'homme et les animaux peuvent supporter.

1. Voir notre *Année scientifique et industrielle*, première année, p. 412.

## II

### Limite des neiges perpétuelles. — Avalanches.

Les lignes *isothermes*, *isothères* et *isochimènes* ont fait comprendre l'influence de la latitude géographique sur les climats terrestres; mais on a déjà vu que le climat dépend aussi, d'une manière très-essentielle, de l'élévation d'un lieu au-dessus du niveau de la mer. A mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, la température décroît avec rapidité, mais cette décroissance varie selon la latitude, et même selon la saison. Il est pourtant vrai de dire, en général, que la température s'abaisse d'autant plus qu'on s'élève davantage au-dessus du niveau de la mer. Dans les Andes, M. Boussingault a trouvé, en moyenne, une diminution de 1 degré de température par 175 mètres d'élévation, chiffre qui s'éloigne peu de ce qui a été trouvé sous ce rapport dans la région des Alpes.

L'abaissement de la température avec l'élévation des lieux a une conséquence intéressante : c'est qu'à mesure qu'on gravit une haute montagne, on rencontre, étagées aux différentes hauteurs, les productions organiques de chaque pays, et que l'on traverse graduellement des climats de plus en plus rigoureux. Cette curieuse contiguïté des produits de l'hiver et de l'été contribue beaucoup au charme des contrées alpestres. Si l'on se place sur les sommets de la Suisse, on embrasse d'un coup d'œil le grandiose panorama des Alpes, et, comme dans une page ouverte du livre de la nature, on peut lire dans ce tableau les règles et les lois que la science a établies concernant la distribution des êtres vivants aux différentes latitudes. On aperçoit assez distinctement six zones étagées l'une sur l'autre, et nettement accusées dans leurs contours par la différence de la végétation et de l'aspect du sol. Au fond s'étend la plaine fertile entrecoupée de lacs, de grandes routes, de rivières, de forêts, parsemée de villages et de métairies : c'est la résidence

de l'homme. Au-dessus de ce vert tapis s'élèvent, dans un pittoresque désordre, de riantes collines, tantôt nues, tantôt couvertes de bois et d'ombrages. Plus haut, le regard rencontre des crêtes rocailleuses, couronnées de groupes de noirs sapins. Par-dessus ces rochers, on aperçoit encore des pentes couvertes de riches pâturages; mais bientôt le caractère du paysage change brusquement: la mort succède à la vie, la verdure fait place aux teintes grises et monotones des roches nues. La montagne emprunte alors son charme ou sa grandeur à d'autres aspects, aux formes capricieuses et sauvages des rochers qui forment sa masse imposante. Plus haut enfin, les Alpes s'enveloppent d'un resplendissant manteau de neige, que percent à peine, par intervalles, quelques pics dont les flancs escarpés ne peuvent retenir les neiges au moment de leur chute.

Ces six régions ont reçu, d'après la différence de leur végétation, les dénominations suivantes :

	Metres.
1 <sup>re</sup> Région sous-montane, ou des Noyers...	jusqu'à 800"
2 <sup>o</sup> — montane, ou des Hêtres.....	de 800 à 1300
2 <sup>o</sup> — sous-alpine, ou des Sapins.....	de 1300 à 1700
3 <sup>o</sup> — alpine, ou des Arbustes.....	de 1700 à 2100
5 <sup>o</sup> — sous-nivale, ou des Graminées..	de 2100 à 2700
6 <sup>o</sup> — nivale, ou des neiges éternelles .	au delà de 2700

Les chiffres que nous venons de donner sont ceux qu'on admet d'ordinaire pour les Alpes; ils varient pour d'autres localités de la terre, suivant la distance à l'équateur et la température moyenne du pays.

De toutes les régions naturelles qui s'étagent ainsi le long des flancs d'une montagne, nulle n'a un caractère aussi tranché que celle des *neiges éternelles*, ou *persistantes*, ainsi nommées avec juste raison parce qu'elles résistent aux ardeurs de l'été, ou se renouvellent aussitôt qu'une fonte partielle pendant l'été ou le printemps a diminué leur masse. Toutes les autres régions se mêlent un peu et empiètent l'une sur l'autre; mais la limite inférieure des neiges qui résistent aux ardeurs des étés apparaît de loin comme une ligne de démarcation tracée d'une main ferme; elle sépare des régions cultivées le monde froid et inhospitalier des hautes cimes. Au-dessous s'agite la vie; le sol change d'aspect avec la saison, toutes sortes d'êtres organisés s'y développent aux rayons du soleil; tout près encore de la



limite des neiges, un espace de quelques mètres suffit pour transformer un champ neigeux en un tapis de verdure. Mais après cette limite l'hiver règne avec toutes ses horreurs : le paysage s'enveloppe d'un immense linceul de glace ; le silence de ces déserts n'est interrompu que par la fureur des éléments déchainés.

Il est facile de comprendre que la *limite des neiges persistantes* se trouve à une hauteur absolue d'autant plus grande qu'il fait plus chaud au niveau de la mer. La limite des neiges doit être au niveau même du sol dans les régions polaires arctiques et antarctiques où règne un froid continu, et située au contraire à une très-grande élévation dans les chaudes régions équatoriales. D'après M. Renou, cette limite est *l'altitude où la température moyenne de la moitié la plus chaude de l'année (mai à octobre) est zéro*.

La figure 60 représente la *limite des neiges persistantes* selon la latitude à laquelle appartiennent les montagnes.

Voici la liste des données numériques portées sur ce tableau :

	Latitude.	Limite des neiges.
Spitzberg.....	79° nord.	0 mètres.
Norvège, île de Mageroe.....	71°.....	720 »
Norvège intérieure.....	70 à 60°.	1070 à 1560
Islande.....	65°.....	936 »
Ounalaschka (Sibérie).....	54°.....	1970 »
Allaï.....	50°.....	2145 »
Alpes, versant nord.....	45°.....	2700 »
— — sud.....	45°.....	2800 »
Caucase.....	43°.....	3300 »
Pyrénées.....	43°.....	2730 »
Ararat.....	40°.....	4320 »
Karakorum, flanc nord.....	36°.....	5670 »
— — sud.....	36°.....	5920 »
Kuenluen, flanc nord.....	36°.....	4600 »
— — sud.....	35°.....	4820 »
Himalaya, flanc nord.....	29°.....	5300 »
— — sud.....	28°.....	4940 »
Cordillère du Mexique.....	17°.....	4500 »
Éthiopie.....	13°.....	4300 »
Andes de Quito.....	1° sud..	4820 »
Andes de Bolivie, flanc orient..	16°.....	4850 »
— flanc occident	10°.....	5640 »
Andes du Chili.....	33°.....	4480 »
Andes de Patagonie.....	43°.....	1830 »
Détroit de Magellan.....	54°.....	1130 »

On ne saurait accepter toutefois comme absolument exactes



Quito, plus voisines de l'équateur, cette limite descend jusqu'à 4800 mètres.

Lorsqu'on visite ces immenses champs de neige, on est surpris d'y rencontrer encore des traces de la vie organique. Jusqu'aux plus hautes cimes, on découvre sur les roches qui percent la neige, de larges surfaces couvertes de lichens et d'autres végétaux d'un ordre inférieur. MM. Agassiz et Desor en ont trouvé sur le faite de la Jungfrau et du Schreckhorn.

M. Schlagintweit a donné une liste de 45 espèces végétales recueillies sur les Alpes, entre 3200 et 4800 mètres d'altitude, c'est-à-dire à des hauteurs glacées où l'on croirait la vie végétale déjà éteinte ou impossible.

Ce même ordre de phénomènes va nous donner l'explication de ces *taches rouges* qui s'étendent quelquefois sur la neige des Alpes, et qui ont toujours excité la curiosité des touristes ou des voyageurs.

On rencontre surtout la *neige rouge* pendant les mois de juillet et d'août, à des hauteurs qui ne dépassent pas 2500 mètres. Voici comment elle se produit et comment elle disparaît.

La neige commence à se couvrir de taches roses, qui la colorent jusqu'à une profondeur de quelques centimètres. Peu à peu, ces taches s'étendent, et leur teinte passe au rouge foncé. Mais vers le mois de septembre la matière colorante se décompose, et il ne reste plus sur la neige qu'une poudre noire.

Les recherches microscopiques de MM. Shuttleworth et Vogt ont prouvé que cette singulière substance est composée d'animaux infusoires *Astasia nivalis*, *Gygas sanguineus*, etc. et de spores de mucédinées (*Protococcus nivalis*, etc.).

En outre de ces organismes inférieurs, on rencontre encore sur la glace des Alpes, caché sous les pierres, un insecte noir connu sous le nom de *Puceron des glaciers* (*Desoria glacialis*).

Nous n'abandonnerons pas ce qui concerne les neiges des montagnes sans dire quelques mots du terrible phénomène naturel des *avalanches* ou *lavanges*.

Une avalanche est une masse de neige ou de glace qui roule le long de la pente des hautes montagnes, et qui tombe dans les vallées avec un bruit semblable à celui du tonnerre, renversant tout ce qui s'oppose à son passage, et entraînant quelquefois dans



Fig. 61. Une avalanche dans les Alpes.





sa chute, des maisons, des villages et jusqu'à des forêts entières. C'est dans les Alpes, en raison de l'altitude et de la configuration de ces montagnes, qui abondent en étroites vallées encaissées, que l'on observe les plus redoutables avalanches. Là elles parcourent dans leur chute plusieurs kilomètres sur le flanc d'une montagne; en tombant au fond des gorges, elles peuvent ensevelir des habitations, ou, en arrêtant le cours d'un torrent, provoquer une inondation dans les vallées.

Les naturalistes de la Suisse allemande, qui ont fait une étude approfondie de ce redoutable phénomène, distinguent cinq espèces d'avalanches :

1° Les *avalanches de fond* (*grund-lavinen*). Ce sont des masses de neige que l'infiltration de l'eau de pluie ou de la fonte des neiges a détachées du sol, en l'attaquant par-dessous. Cette sorte d'avalanche s'observe surtout vers le commencement de l'été; elle est peu dangereuse, parce que l'on connaît généralement dans les Alpes les places d'où les neiges se détachent périodiquement et les circonstances qui en retardent ou accélèrent la chute.

2° Les *avalanches rampantes* (*schleich-lavinen*). Elles arrivent sur les pentes douces couvertes de neige, et presque toujours sur le versant méridional des montagnes; elles descendent lentement, grossissent par les neiges qu'elles trouvent sur leur passage, et s'entassent derrière les obstacles qu'elles rencontrent, jusqu'à ce que ces derniers cèdent à leur poids, ou que la neige se divise en deux parties, qui descendent alors en suivant chacune une route différente.

3° Les *avalanches-tuiles* (*schlag-lavinen*) (fig. 61). Ce sont les plus dangereuses, à cause de la rapidité de leur chute. Elles arrivent dans les parties des montagnes où une pente douce se termine par une paroi taillée à pic. Les masses de neige accumulées glissent peu à peu jusqu'au bout du plan incliné, et restent en surplomb sur la paroi verticale, jusqu'à ce que leur poids, ou bien un ébranlement quelconque de l'air, un coup de vent, un cri, la détonation d'une arme à feu, vienne déterminer leur chute. Ces avalanches portent la destruction sur leur passage. Comme elles tombent quelquefois de très-grandes hauteurs, le mouvement qu'elles impriment à l'air

est si violent qu'il suffit à renverser des hommes et même des cabanes, à des distances considérables du théâtre de la catastrophe. Quelques passages des Alpes, comme les Schoellien, sur la route du Saint-Gothard, la vallée de Trémola, le passage du Grimsel, sont infestés par ces terribles hôtes, et des croix marquent les places où reposent leurs victimes.

4° Les *avalanches d'été* ou des *glaciers* (*sommer-lavinen*) ne tombent que dans les plus hautes régions des montagnes. Quand on voit de loin rouler une de ces masses neigeuses qui, dans sa marche rapide, soulève un voile de poussière d'une blancheur éclatante, on dirait qu'une cascade d'argent sillonne ces pentes abruptes. Pendant la descente, l'*avalanche d'été* augmente considérablement de volume. Ces belles cascades de neige et de glace s'observent souvent sur la route des Scheideck, dans l'Oberland. Comme toutes les autres avalanches, elles s'annoncent par un bruit sourd, qui avertit les montagnards de leur approche.

5° Les *avalanches poudreuses* (*staub-lavinen*). Lorsque, pendant l'hiver, ce qui n'est pas rare dans les Alpes, la température est remontée à 12 ou 14° centigrades, la neige ramollie devient pulvérulente. Une avalanche qui vient à se former avec de la neige amenée à ces conditions physiques, ne produit plus les effets de ces masses compactes constituées par les neiges solides et les glaces. Ce n'est plus qu'une poussière qui se divise dans l'air et ne peut plus agir par son poids sur les obstacles qu'elle rencontre. Mais elle fait naître d'autres dangers pour le voyageur qu'elle vient à surprendre. Les vents impétueux qui soufflent très-souvent dans les régions montagneuses soulèvent ces neiges incohérentes et achèvent de les pulvériser : livrées alors aux moindres agitations de l'air, on les voit flotter au-dessus de la montagne, même par un temps calme en apparence ; et si un ouragan vient les bouleverser, elles forment de redoutables tourbillons, qui font périr plus d'hommes que la chute des grandes masses.

C'est à tort que l'on a donné le nom d'*avalanches* à ces tourbillons de neige, en dépit du sens étymologique de ce mot. En les rapportant à leur origine, on les assimilera plutôt aux ouragans de sable dans les immenses déserts de l'Afrique ; le malheureux enseveli sous les neiges des Alpes y périt de

froid, tandis que les sables africains, d'une sécheresse brûlante, menacent le voyageur d'une mort plus douloureuse encore.

Telles sont les particularités que présente le terrible phénomène des avalanches. Elles sont surtout à craindre au moment du dégel, c'est-à-dire au printemps; dans l'été, mais alors bien entendu dans la région des neiges éternelles, elles sont moins à redouter.

Si l'on est forcé de traverser au printemps les défilés des Alpes, entourés de cimes neigeuses, alors que les avalanches annuelles ne sont pas encore tombées, il faut s'astreindre à beaucoup de précautions. A cette époque de l'année, les touristes doivent s'arranger de manière à former de petits groupes, chaque voyageur cheminant à une distance convenable l'un de l'autre, afin qu'en cas de malheur quelques-uns, restés hors d'atteinte, puissent secourir les autres. Dans les passages dangereux, on recommande d'ôter les clochettes des animaux, de partir de grand matin, avant les premiers rayons du soleil, et de marcher dans le plus grand silence, pour éviter de *donner l'éveil à la lionne*<sup>1</sup>. Souvent on a la précaution de tirer un coup de pistolet à l'entrée d'un mauvais passage, car alors le choc de l'air produit par la détonation de l'arme à feu fait tomber les avalanches prêtes à s'écrouler.

Quelques villages et villes de la Suisse ne sont préservés de la chute des avalanches que par les forêts qui les dominent; aussi des lois sévères défendent-elles le déboisement de ces montagnes. Dans d'autres localités, on a construit au-dessus des maisons exposées aux avalanches des espèces de bastions de pierres pourvus d'un angle aigu, destiné à fendre et à séparer en deux les avalanches qui pourraient les atteindre. Au-dessus de quelques passages dangereux du Splügen et d'autres localités des Alpes, on a construit des galeries voûtées, afin d'abriter les voyageurs.

On ne sera pas surpris, d'après ce qui précède, d'apprendre que l'histoire ait conservé le souvenir de bien des désastres occasionnés dans les Alpes par la chute des avalanches. Nous rappellerons ici quelques-uns de ces événements.

1. Du mot allemand *lavine*, le peuple fait quelquefois *lavinne* (lionne.)



En 1478, une avalanche fit périr ensemble soixante soldats suisses.

En 1499, quatre cents soldats autrichiens furent ensevelis sous une masse de neige dans l'Erzgebirge; mais on réussit à les déblayer.

En 1500, une avalanche ensevelit, au passage du grand Saint-Bernard, une centaine de personnes.

En 1624, une autre avalanche, tombée du mont Cassedra, engloutit trois cents individus.

Au mois de février 1720, à Obergestlen, dans le Valais, cent vingt maisons furent détruites, et quatre-vingt-quatre personnes périrent, avec quatre cents têtes de bétail.

En 1749, une avalanche emporta une grande partie du village de Ruaeras (canton des Grisons), entraînant dans cette terrible tourmente cent personnes, dont soixante, heureusement, finirent par être sauvées. Cette avalanche était tombée si doucement que les habitants ne se réveillèrent même pas dans leurs maisons entraînées sur le flanc de la montagne; seulement ils trouvaient que le jour était long à poindre. Ce n'est qu'en sortant de leurs chaumières et en se voyant placés à une assez grande distance du lieu où ils étaient couchés la veille, qu'ils comprirent ce qui se passait, et se hâtèrent de se dérober à un péril imminent.

Au mois de janvier 1767, une avalanche tomba dans la vallée qui s'étend au pied de la Dent-de-Jarnan; elle renversa plusieurs gros sapins, entraîna une douzaine de granges inhabitées, et, passant par-dessus un cabaret d'Allières, en enleva l'étage supérieur, sans que les personnes réunies au rez-de-chaussée éprouvassent le moindre mal.

Vers la même époque, le village de Saint-Antœnien fut atteint par la chute des neiges. Une femme de ce village fut retirée vivante de sa maison, après être restée huit jours ensevelie sous la neige.

### III

Les glaciers. — Leur rôle dans la nature. — Origine et mode de formation des glaciers. — Leur mouvement de progression. — Fonte des glaciers. — Structure et propriétés physiques des glaciers.

Les lignes qui tracent les *limites des neiges perpétuelles*, que nous venons d'étudier dans le précédent chapitre, ne circonscrivent point le domaine des *glaces* : les *glaces* descendent bien au-dessous des *neiges persistantes*. Éclaircissons ce qu'a d'obscur cette proposition ; montrons qu'elle n'a rien de contradictoire dans les termes.

Quand on parcourt les grandes vallées de la Savoie et de la Suisse qui s'étendent au pied des hautes montagnes des Alpes, on est surpris, si l'on n'est point prévenu, de se trouver tout d'un coup en face de véritables fleuves qui semblent gelés sur place. Au milieu d'une végétation vigoureuse, entre des champs cultivés et des forêts de sapins, on voit briller des masses énormes de glaces, qui résistent à l'action des étés les plus chauds. Ces fleuves enchantés sont les *glaciers*. Sujet inépuisable d'admiration pour le touriste, phénomène naturel le plus saillant et le plus populaire du monde alpestre, les glaciers sont devenus, dans ces derniers temps, de la part des naturalistes et des géologues, le sujet de travaux immenses, passionnés, on peut le dire, et les découvertes qui sont sorties de ce grand concours d'études ont dirigé la géologie dans un ordre d'idées tout nouveau et qui tend à envahir de plus en plus le domaine de cette science. L'existence d'une *période glaciaire* dans l'histoire de notre globe n'est pas la seule découverte dont la science se soit enrichie à la suite des observations sur les glaciers actuels ; l'explication du phénomène diluvien est peut-être au moment de subir de grandes modifications par suite de l'application des mêmes vues.

Qu'est-ce qu'un glacier ?

Le spectateur heureux qui pourrait embrasser d'un coup d'œil à vol d'oiseau, ou, si l'on veut, du haut d'un ballon aérostatique, la chaîne tout entière des Alpes de la Suisse, de la Savoie et du Dauphiné, verrait presque toutes les sommités de ces montagnes couvertes d'un tapis resplendissant de glace, percé çà et là de pics escarpés, trop raides pour retenir les neiges qui tombent sur leurs flancs. Au-dessous de ces cimes neigeuses, il verrait d'étroites vallées, dans l'intérieur desquelles descendent des sillons de glace, semblables à des franges ou à des lambeaux du manteau d'argent étalé sur le faite. Il verrait ces longs sillons pénétrer jusqu'au cœur des fertiles régions habitées par les hommes. S'il portait ses regards plus loin du centre du massif alpin, des chaînes secondaires, moins importantes, lui offriraient le même spectacle sur une plus petite échelle. Et si ses yeux pouvaient plonger plus bas encore, il verrait les glaces et les neiges disparaître peu à peu, la nature perdre son aspect sauvage, les formes du sol s'adoucir, enfin la riante verdure de la végétation des plaines remplacer la désolante monotonie des champs de neige.

Ces fleuves d'eau solidifiée qui se rencontrent dans les Alpes partout où ces montagnes dépassent la limite des neiges persistantes, et qui descendent dans les vallées bien au-dessous de ces limites, jouent un rôle admirable dans l'économie de la nature. A l'arrivée du printemps, la nature s'éveille; les arbres se couvrent de bourgeons qui annoncent et préparent la riante parure des bois; partout les traces de l'hiver s'effacent au souffle attiédi d'avril. Seuls, les glaciers restent insensibles à la douce invitation du soleil, et sur leur masse solide, passe, sans l'entamer, du moins en apparence, l'ardeur des étés. Or, quand on réfléchit que ces longs fleuves immobiles et glacés descendent sans interruption de la région des neiges éternelles, on devine aisément qu'ils tirent leur origine et s'alimentent de cette source cachée dans les sommets des montagnes. Les glaciers sont des avant-gardes envoyées de ces hauteurs inaccessibles où règne un froid éternel; ce sont des émissaires des glaces et des neiges qui couvrent les plateaux des altitudes extrêmes.

La neige qui tombe sur les montagnes très-élevées ne peut jamais fondre; elle demeure à l'état solide sur ces roches dont

la température est toujours inférieure à zéro. Les couches de neige qui s'entassent ainsi sur les grandes hauteurs finiraient par monter jusqu'au ciel; elles s'entasseraient sur ces sommets, en privant les plaines du bienfait de leurs eaux, si la prévoyante nature n'avait le secret de l'empêcher. Ce secret, c'est la formation des glaciers. Un glacier n'est immobile que pour nos yeux; en réalité, il est doué d'un mouvement de progression. Ce mouvement est d'une lenteur miraculeuse, et c'est précisément dans cette lenteur de progression qu'est l'intention providentielle de ce grand phénomène. Des glaciers avancent peu à peu dans le fond des vallées; trouvant dans ces abris la douce température du printemps et de l'été, ils fondent par leur base, créant ainsi d'interminables sources et des cours d'eau sans fin. Remontez, dans les Alpes, le lit d'un torrent; suivez-le sans cesse en vous élevant le long du ravin fangeux qui l'encaisse, et vous arriverez nécessairement à un glacier. Un glacier n'est donc autre chose, dans les vues de la nature, qu'un vaste réservoir d'eaux solidifiées, qui fondent peu à peu et arrivent dans les vallées inférieures, où elles forment un bienfaisant cours d'eau. Et si nous voulons dévoiler sur cette question la série tout entière des opérations physiques de la nature, nous ajouterons que, dans les plaines et les vallées, la chaleur du soleil vaporisant l'eau des ruisseaux et des rivières, la renvoie à l'état de vapeur dans l'atmosphère, d'où elle retombe plus tard à l'état de neige, sur le sommet des monts, pour s'y convertir de nouveau en glace, puis en sources vivifiantes, accomplissant ainsi le plus complet et le plus merveilleux cercle d'actions naturelles, cercle éternel, qui n'a ni commencement ni fin, comme Dieu qui l'a conçu.

Nous venons de dire que les glaciers sont doués d'un mouvement de progression lente qui paraît représenter la cause finale de leur existence. Il semble difficile qu'un pareil phénomène ait longtemps échappé à l'attention des hommes. Il est certain pourtant que cette observation est récente. Horace de Saussure avait consigné cette remarque dans son livre; mais personne n'y avait attaché d'importance<sup>1</sup>. C'est à un simple

1. Voici comment s'exprime de Saussure :

« Une autre cause, qui s'oppose avec beaucoup d'efficacité à un accroissement excessif des neiges et des glaces, c'est leur pesanteur qui les entraîne avec une



guide du Valais que la science de nos jours est redevable de cette observation fondamentale.

C'était en 1817. Un géologue qui devait s'illustrer un jour par ses travaux sur les glaciers, M. de Charpentier, fut conduit par ses courses dans la cabane de Jean Perraudin, guide du Valais, qui était en même temps chasseur de chamois. Un orage l'obligea à passer la nuit; dans cette cabane. Assis devant un bon feu, le géologue et le chasseur se mirent à causer. M. de Charpentier expliqua au compagnon que le hasard lui avait envoyé, les théories que les géologues avaient mises en avant pour expliquer le mode de transport des *blocs erratiques*, c'est-à-dire de ces fragments détachés du sommet des montagnes que l'on rencontre à des distances si éloignées de leur lieu d'origine. C'est par le courant des eaux diluviennes que les géologues du premier quart de notre siècle croyaient pouvoir expliquer le déplacement, l'entraînement de tous ces blocs.

« Pourquoi, dit alors l'habitant des montagnes, inventez-vous des déluges et des cours d'eau, pour les charger de rochers évidemment trop lourds pour eux? N'est-il pas plus simple de penser que ces pierres ont été transportées par des glaciers, qui tous les jours en transportent sous nos yeux? »

Une explication si catégorique surprit beaucoup M. de Charpentier. Elle était tellement en dehors des faits alors admis en géologie, qu'il la médita dix-huit ans, tout en étudiant de plus près les caractères des glaciers. Ce ne fut qu'en 1834, devant la réunion tenue à Lucerne par les naturalistes suisses, qu'il fit connaître le fruit de ses longues études sur les glaciers.

rapidité plus ou moins grande dans les basses vallées, où la chaleur de l'été est assez forte pour les fondre

« C'est ce glissement lent, mais continu, des glaces sur leurs bases inclinées, qui les entraîne jusque dans les basses vallées et qui entretient continuellement des amas de glaces dans des vallons assez chauds pour produire de grands arbres et même de riches moissons. Dans le fond de la vallée de Chamouni, par exemple, il ne se forme aucun glacier; les neiges même y disparaissent dès le mois de mai ou de juin; et pourtant le glacier des Bossons, celui des Bois, celui d'Argentière, descendent jusque dans le fond de cette vallée. Mais les glaces inférieures de ces glaciers n'ont point été formées dans cette place; et elles apportent pour ainsi dire l'attestation du lieu de leur naissance, puisqu'elles descendent chargées des débris des rochers qui bordent l'extrémité la plus élevée de la vallée de glaces, et que ces rochers sont composés de pierres, dont les espèces ne se trouvent point dans les montagnes qui bordent la partie inférieure de cette même vallée. »

(De Saussure, *Voyages dans les Alpes*, in-8, t. II, p. 251.)

Déjà avant cette époque, un intrépide explorateur des Alpes, Hugi, de Soleure, avait fait une expérience d'une portée capitale. Dans l'été de 1827 il avait fait construire, sur le flanc du glacier de l'Aar inférieur, une petite cabane en pierres de moraines ; il l'avait adossée à une sorte de promontoire, nommé l'*Abschwung*, et il en avait vérifié de temps en temps la situation. En 1830, il trouva sa cabane à environ 100 mètres plus bas ; en 1836, elle était déjà descendue de 715 mètres. En 1840, MM. Agassiz et Desor cherchèrent la cabane, et la retrouvèrent à 1428 mètres du promontoire. Ils y découvrirent dans une bouteille cachée sous quelques pierres des notes manuscrites de Hugi sur ses observations antérieures. L'année suivante, M. Agassiz constata un nouveau déplacement de 65 mètres.

Ainsi, dans l'espace de treize ans, la cabane de Hugi était descendue d'environ 1500 mètres, ce qui fait environ 115 mètres par an.

Pour mieux étudier ces phénomènes, M. Agassiz passa deux étés au milieu de ces régions sibériennes. Il s'était installé sur le glacier de l'Unteraar (Aar inférieur), à 650 mètres plus haut que Hugi, et à 2700 mètres au-dessus du niveau de la mer. Pour s'abriter, il avait choisi, au milieu de la moraine, un immense bloc erratique. C'est sous ce toit de pierre que M. Agassiz fit construire une demeure, restée célèbre sous le nom d'*Hôtel des Neuchâtelois* (fig. 62). La cuisine était au-dessous de la partie du bloc qui s'avance en forme de portique ; la chambre à coucher était creusée dans la glace au-dessous du bloc ; un lit de pierres, recouvertes de foin, servait de couche à notre patient explorateur. L'*Hôtel des Neuchâtelois* était signalé au loin par un drapeau flottant au haut d'un mât.

C'est dans ce désert que M. Agassiz brava pendant deux étés les injures du climat, pour arracher à la nature quelques-uns de ses secrets. Il inscrivit sur son bloc ambulante sa distance au promontoire de l'*Abschwung* en 1840 ; elle était alors de 797 mètres ; aujourd'hui elle doit être bien plus grande, car la vitesse de translation du glacier au point où était situé l'*Hôtel des Neuchâtelois* a été trouvée, en moyenne, de 75 mètres par an.

Au moment où M. de Charpentier annonça ses vues sur le mouvement des glaciers, la découverte de Hugi n'était pas

encore rendue publique, et nous ignorons pourquoi ce dernier ne fit pas connaître à cette époque le résultat de ses propres recherches. Quoi qu'il en soit, l'hypothèse de M. de Charpentier fut assez mal reçue à l'assemblée des naturalistes de Lucerne ; elle fut même presque tournée en ridicule par la plus grande partie des géologues de cette époque.

Cependant la vérité ne tarda pas à se faire jour. De courageux explorateurs, des savants tels que MM. Desor, Venetz, Martins,



Fig. 62. Hôtel des Neuchâtelois.

Leblanc, Édouard Collomb, Dollfus-Ausset, etc., allèrent s'établir, pendant des mois entiers, sur ces champs glacés, afin d'éclaircir définitivement une question si importante.

A la suite de ce vaste ensemble de travaux, le mouvement de progression des glaciers fut entièrement mis hors de doute. On étudia, en même temps, leurs propriétés, et l'on arriva à découvrir dans cet amas d'eau solidifiée des caractères physiques extrêmement curieux, et sur lesquels nous aurons bientôt

à revenir. Enfin, d'après la connaissance approfondie que l'on acquit, de cette manière, des traces que les glaciers laissent sur les roches qu'ils ont labourées de leur masse, on remonta dans l'histoire du globe terrestre, et l'extension des glaciers bien au delà de leurs limites présentes, dans les Alpes, le Jura, l'Écosse et tout le nord de l'Europe, fut ainsi démontrée jusqu'à l'évidence.

Voilà comment s'est introduite dans la géologie moderne la notion de la *période glaciaire*, une des vérités définitivement acquises à cette science, et qui tend tous les jours à y tenir une place plus sérieuse.

Après ce rapide historique des travaux scientifiques auxquels ont donné lieu les glaciers, nous entrerons dans l'étude analytique de ce grand phénomène naturel, en considérant successivement : 1° le mode de formation des glaciers ; 2° leur marche ; 3° leur fonte partielle.

*Mode de formation des glaciers.* — La neige qui tombe sur les montagnes au-dessus de la limite des neiges perpétuelles, ne fond pas, avons-nous déjà dit ; elle s'accumule dans les vallées et les dépressions du sol. L'eau qui provient de leur fusion superficielle produite par la chaleur des jours d'été, s'infiltrant peu à peu dans leur intérieur, et cette eau se congelant de nouveau pendant la nuit, la neige passe à l'état de *névé*, corps intermédiaire entre la neige et la glace, masse grenue qui se compose de cristaux arrondis et agglutinés entre eux par l'effet de la pression qu'ils supportent. La densité du névé tient le milieu entre celle de la neige et celle de la glace : tandis qu'un mètre cube de neige pèse environ 85 kilogrammes, un mètre cube de glace compacte pèse 900 kilogrammes, et le poids d'un mètre cube de névé varie entre 300 et 600 kilogrammes (l'eau pèserait 1000 kilogr.). La ligne de démarcation entre la glace et le névé n'est pas bien tranchée. Suivant la pression à laquelle il est exposé, le névé passe successivement par une série de phases caractérisées par des densités différentes : il devient d'abord *glace bulleuse* (renfermant des bulles d'air), puis *glace grenue blanche*, enfin *glace bleue compacte*, qui forme la substance des glaciers.

Il tombe environ dans les Alpes 18 mètres de neige par an,



qui équivalent à une couche de 2<sup>m</sup>.30 de glace. Dans ces régions élevées, la chaleur solaire est insuffisante à fondre une pareille quantité d'eau solide; il y a donc chaque année un résidu, ou *stock* de glace, qui forme le noyau des glaciers. Amassées sur place, ces couches annuelles finiraient par former de véritables montagnes; mais la prévoyante nature s'en débarrasse par le mouvement de progression dont nous avons parlé, et qui n'est autre chose que la chute lente et continue de ces masses énormes sur le plan incliné de la montagne. A mesure qu'elles descendent, ces masses de glace sont rongées à leur base par la chaude température des vallées.

Saussure a divisé les glaciers en *glaciers du premier* et *du second ordre*. Les *glaciers du premier ordre* sont ceux qui descendent des plus hautes chaînes et vont combler les hautes vallées; leur surface est quelquefois presque horizontale: on les nomme alors *mers de glace*. Telle est la *mer de glace* de la chaîne du Mont-Blanc. Quelques-unes de ces *mers de glace* ont 20 à 25 kilomètres de longueur. Leur base descend jusqu'à 1800 ou 1200 mètres d'altitude. Les *glaciers du second ordre* ne descendent pas dans les vallées; ils restent suspendus aux flancs des montagnes; ils n'ont que dans des proportions réduites les propriétés des grands glaciers. On ne voit en Espagne que des glaciers du second ordre.

Les deux figures 63 et 64 représentent des coupes de glaciers du premier et du second ordre.

La figure 63 est une coupe idéale d'un glacier des Alpes, dans laquelle A représente la masse glaciaire descendant de la montagne dans la vallée. La figure 64 est une coupe théorique du glacier de la Maladetta, dans les Pyrénées. A représente le glacier suspendu au haut du mont, B le terrain granitique de la Maladetta.

Nous ne nous occuperons guère ici que des glaciers du premier ordre.

Le relief orographique est très-important pour la formation des glaciers. La première condition de leur formation, c'est l'existence, à l'origine d'une vallée, d'un large ravin, situé à plus de 2600 mètres d'altitude; c'est là seulement que les neiges peuvent s'accumuler et s'emmagasiner, quand les vents balayent les flancs de la montagne. A une température de 8 ou

10 degrés au-dessous de zéro, la neige devient sèche, poudreuse, mobile comme les sables du désert; elle ne s'agglutine pas, mais cède et se disperse à chaque impulsion du vent. C'est pour cela que les montagnes isolées et unies ne peuvent donner lieu à la formation de grands glaciers, tandis que les montagnes des Alpes, qui sont déchiquetées en tous sens, réu-

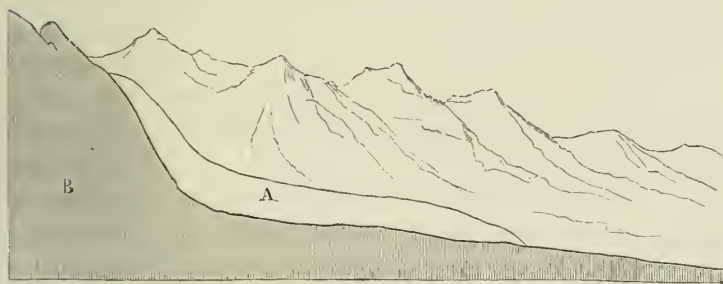


Fig. 63. Glacier du premier ordre.

nissent toutes les conditions nécessaires pour retenir et consolider ces grands amas de neige.

La pente d'un glacier dépend, en général, de la pente du sol sur lequel il descend : il se moule sur toutes les anfractuosités qu'il recouvre. La pente des glaciers du second ordre est donc



Fig. 64. Glacier du second ordre.

nécessairement plus raide que celle des grands glaciers qui remplissent les vallées.

On a fait quelques tentatives pour évaluer la surface et le volume de quelques glaciers remarquables. On a trouvé, par exemple, que le glacier de l'Aar présente, sur une longueur de 8 kilomètres, une superficie de 9 à 10 kilomètres carrés ;

son épaisseur *maxima* a été évaluée à 460 mètres, mais elle décroît rapidement jusqu'à 60 mètres environ. En prenant 250 mètres pour l'épaisseur moyenne, on a calculé que le volume de cette partie du glacier est de 2 à 3 kilomètres cubes. Pour la capacité du glacier d'Aletsch, on a trouvé 24 kilomètres cubes.

On compte en Suisse plus de 600 glaciers : 370 dans le bassin du Rhin ; 137 dans le bassin du Rhône ; 66 dans celui de l'Inn ; 35 dans les bassins des fleuves qui se jettent dans la mer Adriatique. Le naturaliste Ebel a essayé d'évaluer l'étendue totale approximative des glaciers de la Suisse. Il a trouvé que la partie des Alpes comprise, en Suisse, entre le Mont-Blanc et les hauteurs du Tyrol contient une surface de glaciers de 138 lieues carrées. On comprend d'après ce chiffre le rôle fondamental que jouent les glaciers dans l'alimentation des principaux fleuves de l'Europe.

Il ne faut pas se figurer un glacier comme une masse compacte et homogène ; c'est, au contraire, une masse *feutrée* qui se compose d'une infinité de blocs ou de fragments de glace dure, creusés d'un réseau de fissures et de conduits dans lesquels l'eau peut circuler librement. De là cette plasticité, cette mollesse des glaciers, qui se manifeste dans les plis que leur imprime le relief du terrain sous-jacent. Cette propriété des glaciers de se plier et de se déformer est encore due à la mollesse qui est propre à la glace maintenue à zéro, température ordinaire de l'intérieur des glaciers. Nous savons, en effet, par les belles recherches de MM. Agassiz et Desor, que la température dans les glaciers se maintient presque invariablement à zéro. Les savants neuchâtelois ont obtenu ce résultat en introduisant des *thermomètres* dans les trous de sonde qu'ils avaient percés dans les glaces.

La constance de cette température est due, en partie, à l'épais manteau de neige qui couvre la surface des glaciers pendant une partie de l'année et la protège contre la chaleur atmosphérique.

Un autre phénomène intéressant, qui a donné lieu à de longues discussions, c'est la *stratification* des glaciers. On savait depuis Saussure que les *névés* supérieurs se disposent en couches horizontales d'une épaisseur de 2 à 3 mètres ; l'existence

de ces couches se reconnaît par des zones d'affleurement à la limite des glaciers et aux endroits où les crevasses ont mis à nu l'intérieur de la masse. Chacun de ces strates correspond à une chute abondante de neige, et il s'en forme ordinairement plusieurs chaque hiver. La neige fraîchement tombée se tasse et se couvre d'une mince couche de verglas, sur laquelle l'air dépose des poussières végétales ou minérales. De là cette couleur gris sale qui, dans les névés, trahit les bandes de séparation des couches.

Mais cette structure stratifiée ne s'observe pas seulement sur les névés, elle se retrouve dans toutes les phases du glacier et l'accompagne dans ses évolutions; seulement, les couches se relèvent à mesure que descend le glacier, et elles deviennent presque verticales vers le centre, pour s'incliner de nouveau ensuite, et redevenir horizontales vers le talus ou l'escarpement terminal. Ce changement d'inclinaison des strates devient une difficulté sérieuse pour les partisans de l'opinion de M. Agassiz, qui veut que la stratification primitive des névés se conserve lorsqu'ils passent à l'état de glace compacte. M. Agassiz attribue ces différences d'inclinaison à un redressement réel des couches de glace qui descendent le long de la montagne. Suivant lui, les couches se relèvent, vers la région moyenne des glaciers, par suite d'un mouvement accéléré des assises inférieures, et elles s'inclinent de nouveau en avant par suite du retard que produit le frottement contre le fond. Ces hypothèses manquent de preuves; il paraît surtout difficile d'admettre l'accélération des couches inférieures, invoquée par M. Agassiz, pour expliquer la direction verticale des strates au cœur des glaciers. Il nous paraît plus naturel de supposer, avec MM. Forbes et Schlagintweit, que la masse de névés, au moment où elle se transforme en glace et où elle commence à descendre, se déchire et se clive facilement de manière à présenter des crevasses transversales, qui s'infiltreront promptement d'eau de fonte et produisent les couches verticales de glace bleue que l'on voit alterner avec des couches de glace blanche et bulleuse. A mesure que le glacier descend, ces couches, en raison de l'inégale vitesse de leurs différentes parties, se plient et se bombent en aval, et les zones d'affleurement ou chevrons qui les trahissent à la surface prennent une forme ogivale



dont la convexité est tournée vers le pied du glacier. Ces ogives sont formées de bourrelets de glace bleue, alternant avec des sillons de glace blanchâtre farineuse, où se déposent encore des sables et des poussières, ce qui leur donne cette couleur sombre qui les fait distinguer de loin. M. Forbes les appelle *dirt-bands* (rubans de boue). On les aperçoit surtout avec facilité par un temps de dégel; les veines de glace bleue prennent alors une limpidité remarquable.

Un glacier est entrecoupé, en divers points de son étendue, d'un grand nombre de crevasses dont la largeur est excessivement variable. Ces crevasses, ordinairement perpendiculaires à la direction des couches, proviennent de l'inégalité du mouvement de translation du glacier, et de la tension qui en résulte sur certains points de sa masse. Elles sont, par conséquent, plus nombreuses dans les points où la pente générale change brusquement, là où existe un coude, un escarpement, etc. Ces immenses cassures se forment subitement, et quelquefois avec un bruit qui ressemble à une détonation : la glace frissonne, puis se déchire, tantôt lentement, tantôt tout d'un coup, sur une grande étendue. Pendant l'été, les crevasses s'élargissent par la fonte progressive de leurs parois; elles deviennent alors des gouffres béants qui rendent dangereuse l'exploration de ces champs de glace.

Lorsqu'il tombe de la neige, les crevasses se couvrent quelquefois d'un pont de quelques décimètres seulement d'épaisseur, qui les cache, mais qui n'a pas assez de consistance pour supporter le poids d'un homme. Le touriste doit avancer avec une extrême précaution sur ces ponts perfides; il doit sans cesse tâter le terrain avec son bâton ferré, et suivre aveuglément les conseils de son guide.

Dans quelques cas, assez rares, les crevasses s'étendent jusqu'au fond du glacier; elles constituent alors une véritable rupture de toute sa masse; on en voit de semblables, pendant l'été, à la source de l'Ar.

Quand de nombreuses crevasses viennent s'entre-croiser sur un même point, la glace se divise en une infinité de prismes et d'aiguilles, qui s'amincissent, se brisent et s'oblitérent sous l'action destructive des agents atmosphériques; elles arrivent ainsi à former des groupes chaotiques aux formes les plus bi-

zarres. M. Tyndall a dessiné une de ces formations fantastiques qu'il a vues sur le glacier des Bois<sup>1</sup>, partie terminale de la Mer de Glace du Mont-Blanc.

C'est à la même cause qu'il faut attribuer la formation de ces aiguilles de glace, confusément entassées et hautes de 15 à 20 mètres, qui hérissent la base du glacier des Bossons, au-dessus de la vallée de Chamonix, et qui portent le nom de *pyramides*.

Bien des voyageurs, bien des touristes ou des guides ont péri au fond des crevasses des grands glaciers. Les montagnards des Alpes conservent le souvenir de beaucoup de ces tristes événements. Nous rappellerons ici les plus connus.

Pendant l'été de 1790, un habitant de Grindelwald, Christian Bohrer, ramenait un troupeau de moutons à travers le glacier qui porte le nom de ce village. Arrivé au bord du glacier supérieur, il glissa dans une crevasse qui n'avait pas moins de 120 mètres de profondeur. Cette horrible chute lui fit perdre connaissance. Quand il revint à lui, il se trouva dans une obscurité complète, entre deux murailles à pic, tout près d'un ruisseau provenant de la fonte des glaces. Le murmure de l'eau ranima son courage; il commença à remonter le ruisseau, en se traînant sur les genoux. Ce ne fut qu'au bout de plusieurs heures, et avec des peines infinies, qu'il revit la lumière du jour: il se trouvait au pied du Wetterhorn, dans le point où le ruisseau s'engouffre sous la glace. C'est alors seulement qu'il s'aperçut que son bras gauche était cassé. Il arriva le soir à Grindelwald, ayant échappé par miracle à cette situation affreuse où il avait vu cent fois la mort à ses côtés.

Le 31 août 1821, un pasteur protestant de Neuchâtel, nommé Mouron, se trouvait sur le même glacier de Grindelwald. Il se penchait sur une crevasse, pour admirer les reflets azurés de ces murailles resplendissantes, en s'appuyant sur le bâton qu'il avait fixé sur le bord opposé, lorsque, tout à coup, son bâton glisse, et le malheureux est précipité dans l'abîme. Son guide, épouvanté, court au village pour annoncer ce triste événement. Mais personne autre que le guide lui-même n'avait été témoin de la chute du pasteur. Des doutes s'élèvent; rien ne démontre

1. *The glaciers of the Alps*, p. 316

que le guide n'ait pas poussé le voyageur dans l'abîme, après l'avoir volé. Les guides de Grindelwald ne veulent pas que l'un d'entre eux reste sous le coup d'un pareil soupçon. Il est décidé que l'on tirera au sort le nom de celui qui descendra dans le gouffre, pour y chercher le corps du malheureux ministre. Le sort tombe sur Pierre Burguener, l'un des hommes les plus vigoureux de la vallée. On l'attache à une corde, et quatre hommes le descendent dans la crevasse, avec une lanterne attachée à son cou, tenant d'une main son bâton ferré, de l'autre une sonnette pour appeler. Deux fois, près d'être asphyxié, Burguener donna le signal de le remonter. Il réussit enfin à atteindre le fond de l'abîme; il y retrouva le corps mutilé qu'il allait chercher au péril de sa vie. On le remonta à force de bras, avec son triste fardeau.

Le voyageur avait encore sa montre et sa bourse : le guide était donc justifié.

Le corps du pasteur fut inhumé près de la porte de l'église de Grindelwald : on lit sur la pierre une inscription qui rappelle cet événement.

En 1846, le docteur Burstenbinder, de Berlin, eut le même sort, sur le glacier d'Oetzthal. On le retira vivant, mais il mourut quelques heures après.

Le 7 août 1800, un jeune Danois, le poète Esher, périt dans le glacier du Buet. Malgré les avis réitérés de son guide, il était parti accompagné seulement d'un ami, et se tenait toujours quelques centaines de pas en avant, lorsque tout à coup on le vit disparaître. Son ami courut chercher du secours à Servoz. On retrouva le malheureux jeune homme au fond d'une crevasse de 30 mètres de profondeur, debout, les bras au-dessus de sa tête, et le corps complètement raidi par le double froid de la mort et des glaces qui l'environnaient.

En 1836, le guide Devoissous tomba dans une crevasse du glacier de Talèfre, dans la chaîne du Mont-Blanc. Comme c'était un homme vigoureux, il se fraya un chemin en faisant, avec son couteau, des entailles dans les parois de la crevasse.

*Marche des glaciers.* — Nous avons signalé, en termes généraux, le phénomène de la marche des glaciers. Leur mouve-

ment a été mesuré de la manière la plus attentive par les naturalistes suisses et français.

Le mouvement de translation d'un glacier n'est pas le même dans toutes ses parties. Ses différentes sections sont animées de vitesses particulières. La ligne médiane, où l'épaisseur et la pente sont les plus fortes, se meut avec plus de rapidité. La vitesse *minima* s'observe sur les bords, c'est-à-dire dans les points où la masse est plus mince, et où le frottement produit une résistance plus sensible. MM. Agassiz et Desor ont mesuré d'une manière précise les quantités de mouvement des différentes parties du glacier de l'Aar, en plantant à sa surface des séries de pieux bien alignés, dont ils pouvaient observer la marche, en la rapportant à des objets fixes pris sur les roches environnantes.

Une série de pieux plantés sur une ligne droite transversale de 1350 mètres de longueur décrivaient, au bout d'un an, une courbe de plus en plus convexe. Voici les chiffres qui expriment en mètres le déplacement moyen dans le cours d'une année, de chacun des pieux qui composaient la rangée :

5, 20, 48, 55, 62, 64, 67, 69, 79, 68, 64, 54, 47, 39, 21, 11, 1.

On voit que les points du milieu avançaient annuellement de 70 mètres environ, tandis que les rives latérales se déplaçaient de quelques mètres à peine.

En disposant ces jalons sur la ligne médiane du glacier, les physiiciens suisses ont reconnu que les parties moyennes marchent de 70 ou 77 mètres par an, tandis que le talus terminal ou la base du glacier ne s'avance que de 30 mètres, et la partie supérieure de 40 mètres environ.

M. Forbes a confirmé ces résultats par ses observations sur la Mer de Glace et sur le glacier des Bois. Il a reconnu qu'un bloc situé sur la partie latérale de ce dernier glacier descend de 147 mètres par an, ce qui donnerait un mouvement de plus de 200 mètres par an au centre du glacier.

Les glaciers du second ordre se meuvent beaucoup plus lentement : leur déplacement annuel n'est que de 20 mètres environ.

Les saisons exercent d'ailleurs une influence sensible sur ce déplacement. Il est à son maximum au printemps, et se ralentit



tit beaucoup à l'approche de l'hiver. D'un autre côté, les accidents de terrain peuvent modifier la vitesse de cette marche. M. Tyndall a constaté, en 1857, que toute la partie orientale de la Mer de Glace marche plus vite que la partie occidentale.

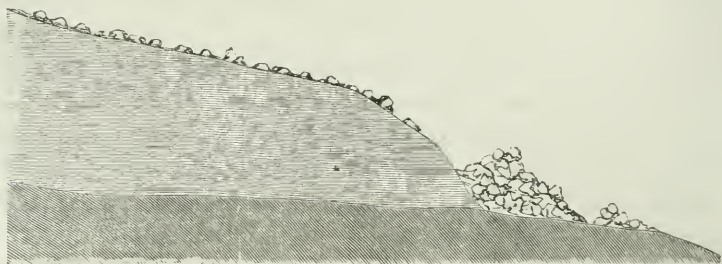


Fig. 65. Coupe en long d'un glacier montrant la moraine frontale.

Le mouvement de progression des glaciers est arrêté par la fusion qui s'opère à leur base, dans les vallées, mais il n'est arrêté qu'en partie par cette cause. Il est établi que la plupart des glaciers actuels sont en voie de progression à leur base.



Fig. 66. Moraine frontale du glacier de l'Ober-Aar.

Leur alimentation par le haut l'emporte donc sur leur destruction par le bas. Les glaciers d'Aletsch, de l'Aar, de Grindelwald, etc., s'avancent lentement vers les vallées qui s'étendent à leur pied, ils détruisent par leur envahissement irrésistible les forêts de sapins et de mélèzes qu'ils rencontrent sur leur passage.

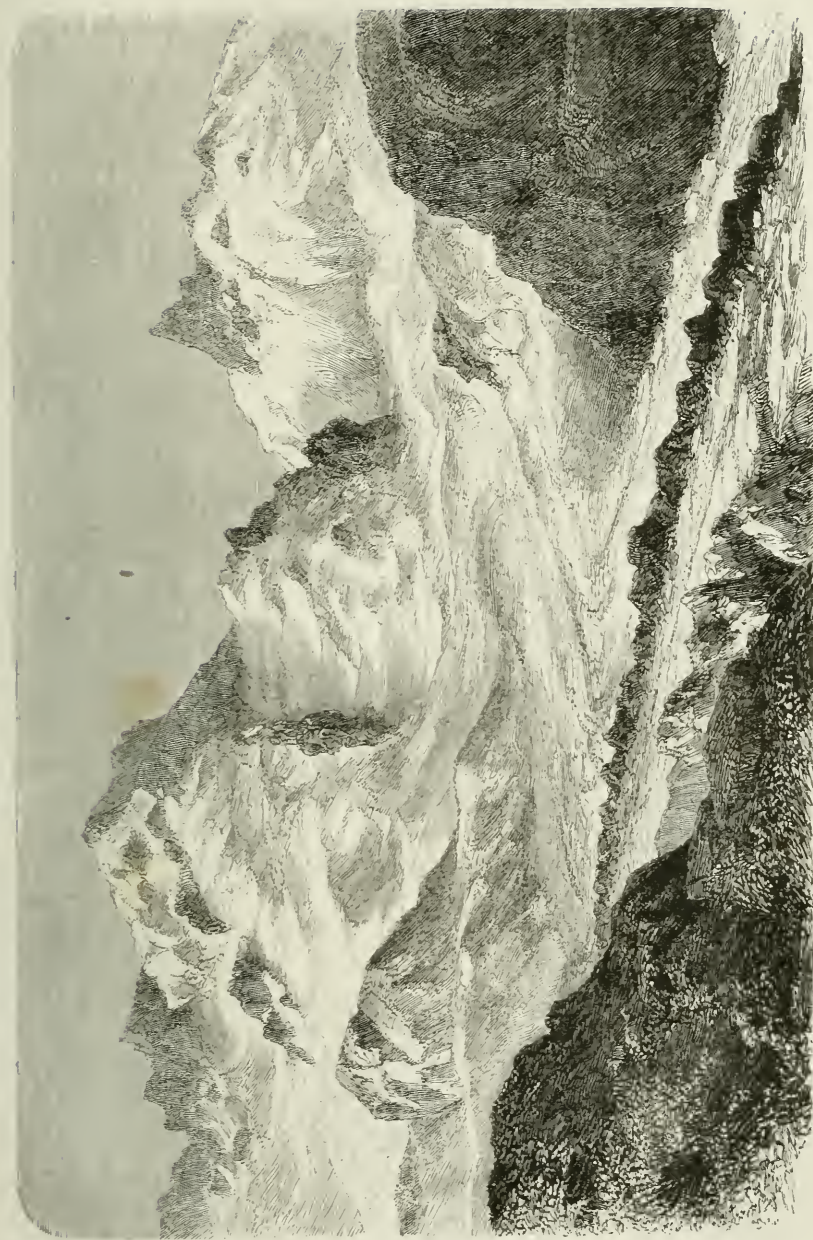


Fig. 67. Glacier de Zermatt, d'après une photographie de M. Ferrier.



« Les empiètements des glaciers des Alpes pendant les derniers siècles, dit M. Hogard, paraissent aussi incontestablement démontrés par les documents historiques, que leurs envahissements récents et actuels sont prouvés par les traces irrécusables de leur incessante destruction. De vastes pâturages sont recouverts ou fermés, des forêts d'arbres séculaires sont envahies et dévastées, enfin des chalets isolés ou des groupes d'habitations situées autrefois à d'assez grandes distances de ces masses de glace sont incessamment atteints, culbutés et détruits sous nos yeux. Cette marche progressive se ralentira-t-elle un jour, et dans un avenir prochain, avant que de nouveaux désastres soient venus frapper des populations menacées ou déjà bien éprouvées ? Nul ne saurait l'affirmer. »

On serait porté à croire que cette extension des glaciers est due à un refroidissement lent de notre hémisphère. En observant avec attention le régime des glaciers, on a, du reste, constaté qu'ils ne s'avancent pas seulement d'amont en aval, mais qu'ils s'étendent encore latéralement, se gonflant de bas en haut en empiétant sur leurs rives.

Nous arrivons à l'important phénomène qui est un des traits caractéristiques des glaciers, c'est-à-dire aux *moraines*.

Tous les glaciers portent sur leur dos et poussent au-devant d'eux des débris de roches, souvent énormes, détachés des parois de la montagne par l'action de l'air, par la chute des avalanches, comme aussi par le mouvement même du glacier. Formés de granit et de protogine, roches éminemment altérables, les sommets aigus des Alpes, très-exposés à l'action des agents atmosphériques, se délitent, se réduisent sans cesse en fragments plus ou moins volumineux, qui tombent à la surface du glacier. Dans leur mouvement de progression, les glaciers emportent ces débris. De nouvelles roches, tombant au même point, se placent derrière les premières et marchent à leur suite. Ainsi se forment des traînées longitudinales qui ont depuis longtemps reçu des montagnards suisses le nom de *moraines*. Quand ces débris tombent en même temps des parois des deux montagnes qui encaissent le glacier, les moraines finissent par former des traînées parallèles qui ressemblent aux deux ornières d'une charrette que l'on aurait remplies de pierres.

Pour donner un exemple, pris dans la nature, d'une moraine simple bien caractérisée, nous représentons dans la figure 67 le glacier de Zermatt, en Suisse.



On nomme *latérales* les moraines simples qui représentent la disposition que l'on voit dans le glacier de Zermatt. Un autre genre de moraine, qui porte le nom de *moraine frontale*, prend naissance dans d'autres conditions.

Quand les pierres d'une moraine sont parvenues, poussées par le glacier, jusqu'à son point de terminaison; lorsque, après un trajet plus ou moins long, les roches entraînées par le glacier atteignent le point de la vallée ou bien l'escarpement auquel ce glacier se termine, ils s'entassent en ce point, et forment des accumulations de rochers, accumulations souvent énormes : ce sont là les *moraines frontales*. La figure 65 donne la vue théorique d'une moraine frontale.

Pour donner un exemple, pris dans la nature, d'une moraine frontale, nous représenterons dans la figure 66 la *moraine du glacier de l'Ober-Aar*, prise en 1849. Elle se compose de débris granitiques provenant de l'Oberaar-Horn, du Grünborn et du Rothhorn.

Si deux glaciers viennent à se rencontrer dans un lit ou encaissement commun, leurs moraines *latérales* se réunissent, se confondent en une seule, dite *médiane*, qui se tient au milieu du glacier commun résultant de la combinaison des deux autres.

La partie moyenne du glacier de l'Aar présente un bel exemple de ces moraines médianes. On y remarque la réunion des grands glaciers du Finsteraar et du Lauteraar dans un seul lit, où descendent encore les glaciers du Thierberg et du Finsterberg. La moraine médiane du glacier de l'Unteraar se forme par la réunion des moraines latérales des deux premiers glaciers, au pied du promontoire appelé l'*Abschwung*, dont nous avons parlé plusieurs fois (fig. 67).

Pour donner un exemple de moraines médianes, et introduire en même temps ici la vue de l'une des plus belles montagnes du monde entier, nous représentons (fig. 68) les glaciers qui s'élèvent au pied du *Mont-Rose*, le pic célèbre du versant italien des Alpes, qui ne le cède au Mont-Blanc que d'une centaine de mètres en hauteur.

Pour terminer l'examen des faits qui se rattachent à la marche des glaciers, il nous reste à parler des traces physiques



Fig. 68. Mont-Rose et son glacier avec la moraine médiane, d'après une photographie de M. Ferrier.



qu'ils laissent sur leur passage, c'est-à-dire des *cailloux striés* et des *roches moutonnées*.

On comprend sans peine que les glaciers, en raison de leur poids énorme et de leur mouvement continu, doivent exercer sur les rochers qui les supportent ou qui encaissent leurs rives, des frottements considérables, et y laisser les traces de leur puissante action. Mais la glace seule ne produirait pas tous les effets que l'on observe. Ces effets sont dus surtout à cette couche de galets, de sable et de boue humide qui sépare ordinairement la glace du terrain sous-jacent, et qui agit comme le sable d'émeri sous le polissoir. Grâce à cette couche de détrit, le glacier nivelle les aspérités des roches, les arrondit et les polit comme pourrait le faire la main du marbrier. En même temps les fragments de pierres dures que charrient la boue et la glace gravent des stries plus ou moins fines et même des sillons profonds dans la roche sur laquelle glisse cet immense laminoir mobile.

Les cailloux et blocs de pierre qui se trouvent engagés *sous le glacier*, et y forment des moraines intérieures, sont pressés, triturés, broyés par le poids et le mouvement progressif du glacier ; ils se réduisent en sable et en boues. Les cailloux qui ne sont pas détruits sont au moins *striés* et usés à leur surface. C'est ce que M. Agassiz a appelé *galets striés*, dont la présence indique toujours le passage d'un ancien glacier dans la vallée où on les rencontre. L'eau qui charrie des cailloux ne les raye point ; tout au contraire, elle les arrondit et les polit.

Ces stries que l'on observe sur les cailloux qui ont été traînés sous les glaces semblent avoir été produites par des fragments de quartz enchâssés dans la glace qui ont agi à la manière d'un burin sur les pierres qu'ils ont entraînés. Les cailloux étant mobiles dans les moraines, sont rayés dans tous les sens, tandis que les roches fixes au-dessus desquelles un glacier a passé, offrent des stries parallèles et rectilignes, dans la direction du mouvement des glaces.

Les environs des glaciers sont parsemés de roches arrondies, polies et striées comme celles que l'on trouve au-dessous des glaciers lorsqu'on réussit à y pénétrer. De Saussure appelait ces roches *moutonnées*, à cause de leur ressemblance gros-



sière avec un troupeau de moutons. Ebel les compare à des tas de foin épars sur une prairie.

Les plus beaux exemples de roches travaillées par les glaciers se trouvent en Scandinavie et dans les Alpes, aux environs des glaciers de l'Aar, de Zermatt, de Rosenlauï, etc. Là où l'Aar forme la belle cascade de la Handeck, toutes les roches qui dominent le gouffre sont des dômes arrondis, nus et tellement polis qu'on n'y marche qu'en tremblant; ce sont les plus belles roches moutonnées de la Suisse.

Quand la glace dans son mouvement de progression, rencontrant un obstacle, ne peut surmonter tous les plis du terrain, elle se détourne et ne les attaque qu'à l'amont; alors on distingue dans les rayures des rochers le côté touché par la glace : le côté préservé garde, en effet, ses surfaces naturelles; le côté attaqué par la glace est seul usé et rayé. C'est ainsi qu'au promontoire du Pavillon, sur le glacier de l'Aar, les surfaces de l'amont sont polies et striées, tandis qu'à l'aval les rochers n'offrent aucune altération.

La nature des modifications que subissent les roches dépend de la composition minéralogique du terrain. Les calcaires du Rosenlauï et de Grindelwald se couvrent de stries fines et profondes par l'action des fragments de granit et de gneiss qui viennent des cirques supérieurs; mais ils ne se polissent que très-imparfaitement. Quand le lit d'un glacier est formé de roches argileuses, tendres et friables, leur surface est triturée et nivelée, mais elle n'offre ni le poli, ni les sillons que l'on observe sur la roche plus dure. Lorsque enfin le glacier se meut sur un terrain de granit et de protogine, le frottement produit un poli brillant comme un miroir. Nulle part ce phénomène n'apparaît mieux qu'aux environs de l'Aar, au lieu appelé la Roche-Miroir. C'est une surface immense de granit, qui est tellement lisse, unie et glissante, qu'il a fallu y tailler des pas pour faciliter le passage des hommes. En face, de l'autre côté de la vallée, on remarque des parois verticales, polies comme cette roche elle-même, et interrompues seulement çà et là par des gouttières colossales, empreintes indélébiles de l'action des forces qui ont travaillé ces pierres dans le temps passé.

Nous représentons dans la figure 69 les *roches striées et mou-*

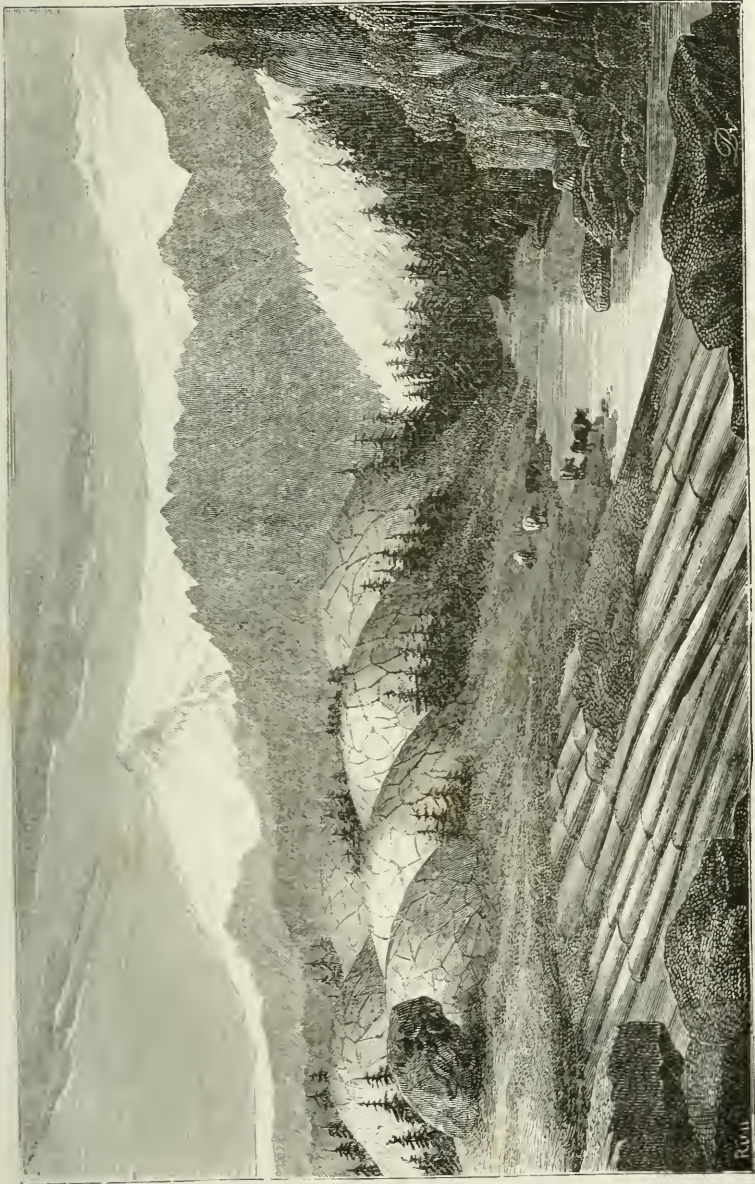


Fig. 69. Roches striées et moutonnées par les anciens glaciers, d'après l'atlas de l'ouvrage de M. Agassiz sur les Glaciers.



tonnées. Cette vue réunit hypothétiquement les deux genres d'effets exercés sur les roches par le passage d'anciens glaciers.

Les roches moutonnées, les galets striés et les moraines terminales, restés en place après le retrait et la disparition d'un glacier, permettent de reconnaître l'ancienne existence de glaciers dans des contrées où nul ne les aurait jamais soupçonnés sans ces signes physiques et ces témoignages mis en lumière par la science moderne. Ces incontestables preuves conduisent nécessairement à admettre que les glaciers ont eu autrefois une extension considérable.

M. Venet a donné une liste de trente-quatre observations dans lesquelles il a constaté en Suisse l'existence d'anciennes moraines isolées et placées à de grandes distances de glaciers qui les ont abandonnées en reculant. La moraine de Kanderteg, par exemple, est maintenant éloignée de plusieurs kilomètres du glacier d'Oeschinen. Les villages de Ried, de Bodmen et de Halten, dans le Valais, sont bâtis sur une ancienne moraine du puissant glacier de Viesch, qui se trouve aujourd'hui à une lieue de ce village.

Mais ce n'est pas seulement dans les vallées qui partent du pied des Alpes que l'on découvre, grâce à l'existence des blocs erratiques, des moraines et des cailloux striés, les traces certaines de l'existence d'anciens glaciers. On les trouve dans le nord de l'Europe, s'étendant jusque dans les parties centrales, en Suède, en Russie et jusqu'en Prusse. Ce sont là d'éloquents témoignages de l'existence, dans l'histoire ancienne de notre globe, d'une *période glaciaire* pendant laquelle une partie de notre continent fut enveloppée d'un manteau de glace et de neige : ce sont, pour ainsi dire, les bornes miliaries placées de loin en loin sur le chemin de ces champs glacés qui ont un moment envahi l'Europe, et y ont anéanti la vie organique.

Nous avons donné dans le premier volume de cette collection<sup>1</sup> une *carte de l'extension des anciens glaciers* qui présente le tableau précis de l'étendue des glaciers d'Europe pendant l'époque quaternaire. Nous renvoyons le lecteur à l'inspection de cette carte.

1. *La Terre avant le déluge*, 5<sup>e</sup> édition, p. 416.



*Fonte des glaciers.* — La fonte des glaciers s'opère par leur base, soit dans les vallées, soit dans les parties des montagnes qui dépassent la limite des neiges éternelles. Elle varie nécessairement selon la température de l'air, et elle est moins sensible à de grandes hauteurs que dans les régions inférieures. M. Agassiz, en fixant des pieux dans un glacier, a pu apprécier la quantité dont son niveau s'abaisse annuellement par la fonte. Il a trouvé une fonte annuelle de 3 mètres à 3<sup>m</sup>,5 dans la partie moyenne du glacier de l'Aar. Dans le mois d'août seul, un mètre de glace fondit; en hiver le phénomène fut nul. M. Charles Martins a trouvé sur le glacier du Faulhorn que la fusion moyenne de la neige s'élevait à 30 millimètres par jour au mois d'août, ce qui donne 0<sup>m</sup>,90 en un mois, et celle de la glace à 33 millimètres, ce qui donne plus d'un mètre dans le même temps.

Les eaux qui prennent naissance à la surface du glacier s'infiltrant par ses crevasses et par d'innombrables fissures extrêmement étroites que son tissu renferme. M. Agassiz compare un glacier à une immense éponge, qui se sature et s'égoutte alternativement, suivant la quantité d'eau qu'il reçoit.

Le liquide provenant de la fonte des glaciers s'accumule sous les glaces, et finit par en sortir en formant des torrents qui s'échappent du talus terminal. La couleur de l'eau des torrents glaciaires est caractéristique; elle n'est pas limpide comme l'eau des sources, mais chargée de sédiments qui trahissent la nature des roches rencontrées par le torrent. Les roches granitiques donnent à l'eau un aspect laiteux, comme on l'observe pour les sources torrentielles de l'Arve et du Rhône, qui sortent chacune d'un glacier des Alpes. Une teinte verte des eaux du torrent dénote un lit de roches serpentines, une couleur noirâtre un lit de schistes noirs. Tous ces torrents entraînent avec eux les boues provenant des roches que le frottement du glacier a réduites en poudre dans son mouvement de progression.

Le terrain qui porte les glaciers n'a pas assez de chaleur propre pour contribuer à les faire entrer en fusion; mais les sources qui s'échappent du sel avec une température un peu plus élevée que les eaux de pluie, et celles qui proviennent de la fonte des parties superficielles du glacier pendant les

mois les plus chauds de l'année, enfin les eaux des ruisseaux qui se précipitent des flancs des vallées et s'engouffrent dans les fissures des glaciers, les rongent en dessous et creusent parfois en ces points de larges cavités, dans lesquelles il s'établit des courants d'air continuels par suite de la différence de température entre l'air extérieur et celui qui remplit ces excavations. Il arrive de cette manière, sous le glacier, des bouffées d'air à la température de  $+6$  à  $7^{\circ}$  : cet air lèche les parois inférieures, contribue puissamment à élargir les cavernes et conduits primitivement creusés par les eaux seules. M. de Schlagintweit a pu s'avancer sous une voûte existant au glacier de Marcel, jusqu'à plus de 200 mètres. Hugi a exploré une cavité de près d'un quart de lieue carrée, sous les glaciers d'Uraz, au pied du Tittlis, et il a constaté que ces voûtes immenses ne s'appuient sur le sol que par quelques puissantes colonnes. Un phénomène analogue avait déjà été observé en 1751, sous le glacier de Grindelwald, par Altmann.

Les cavernes qui existent sous un glacier s'ouvrent ordinairement au pied du talus terminal. Leur orifice a quelquefois une hauteur considérable, et la lumière se jouant sur ces murailles de glace y produit les plus brillants effets optiques. Les teintes rose et bleue, l'éclat des facettes qui produisent des irisations admirables, font de ces grottes de glace naturelle un des spectacles les plus curieux et les plus justement recherchés du touriste.

Nous représentons dans la figure 70 la grotte de glace située sous le glacier des Bois du Mont-Blanc, et qui forme la source de l'Arveiron. Cette voûte a 33 mètres de hauteur. Il n'est pas toujours prudent de s'aventurer sous cette arcade, et plus d'un touriste a payé de sa vie une curiosité téméraire. Chaque année l'aspect de la caverne se modifie par l'érosion continuelle de la glace résultant de la chaleur, et par des éboulements de blocs de glace. Ces blocs peuvent tuer l'imprudent explorateur. Dans la cavité du glacier du Rhône, la détonation d'un pistolet provoqua un jour l'écroulement du plafond de la voûte, et deux jeunes gens furent ensevelis sous ses ruines.

Ces éboulements ont parfois pour effet de barrer le chemin aux ruisseaux souterrains, et l'on voit alors l'eau remonter et jaillir des crevasses de la surface du glacier.

Autour des glaciers courent un grand nombre de ruisseaux, qui s'y forment par la fonte des glaces pendant la saison chaude. Ces ruisseaux ne circulent guère que pendant la journée; la nuit ils tarissent, et le bruit cesse de se faire entendre. Ces cours d'eau s'engouffrent dans des trous verticaux nommés communément *puits* ou *moulins*. Ces puits présentent quelquefois une grande profondeur.



Fig. 70. Source de l'Arveiron, d'après une photographie de M. Ferrier.

Ce que l'on nomme dans les Alpes les *trous méridiens* sont des dépressions produites par la présence d'un corps étranger, tel que du sable noir, un bloc erratique, etc. Échauffé par les rayons du soleil, ce bloc fait fondre sous lui la glace, et s'enfonce dans l'excavation ainsi creusée, et dont la profondeur



augmente de plus en plus par l'action de l'eau échauffée qui descend de la surface exposée au soleil.

Un effet tout opposé se produit lorsque des blocs erratiques ou de grands amas de gravier blanc, disposés à la surface d'une partie du glacier, garantissent ce point de la radiation solaire. La glace ne fond alors qu'alentour de ce point; et quand ce phénomène se produit avec quelque intensité, il reste debout, au milieu, un cône de glace et de gravier dont la hauteur dépasse quelquefois un mètre. Il se forme ainsi un piédestal de glace supportant un bloc de pierre. On donne au bloc ainsi suspendu le nom de *table de glacier* (fig. 71). On en voit un



Fig. 71. Table de glacier.

grand nombre sur le glacier de l'Aar. Selon l'influence du rayonnement solaire, ces gigantesques champignons prennent une inclinaison très-prononcée vers le sud, si bien qu'ils indiquent en quelque sorte la direction du *méridien*. Il est même certain que leur pente varie pendant la journée, suivant la position du soleil; mais ce mouvement d'oscillation, qui ferait des *tables de glaciers* un nouveau genre de cadrans solaires, est en réalité peu sensible.

Le soleil ronge, à la longue, le piédestal de glace du côté du midi; dès lors le tablier de pierre finit par glisser, et tombe sur la glace inférieure, où il se creuse quelquefois un nouveau piédestal.



Parlons d'un dernier phénomène dépendant de la fonte des glaciers. Quand l'eau provenant de la liquéfaction des glaces ne peut s'écouler, faute d'issue, elle se creuse un lit sur le bassin du glacier, et de là résulte un véritable lac. Un des plus grands lacs ainsi formés est celui de Mœrill ou Merjelen (fig. 72), sur la rive gauche du glacier d'Aletsch. Placé à



Fig. 72. Lac de Mœrill, au-dessous du glacier d'Aletsch.

2350 mètres d'Aletsch, il a 1 kilomètre et demi de longueur, 350 mètres de largeur, et une profondeur de 7 à 8 mètres.

« Il présente, dit M. E. Collomb, dans son régime un phénomène remarquable : il est intermittent, il se vide et se remplit alternativement dans l'espace de quelques années. Le glacier d'Aletsch, qui borde sa rive occidentale, le barre par une falaise verticale de glace d'environ 10 mètres de hauteur. De temps en temps, de grands blocs s'en détachent ; ils viennent flotter sur la surface du lac, et présentent la forme

caractéristique, analogue à un champignon, des glaces flottantes de la baie de Bell-Sound au Spitzberg. Quand la pression de l'eau l'emporte sur la résistance des parois de glace, le lac se vide tout à coup, il se fait un passage sous le glacier; il en résulte une inondation désastreuse dans la vallée du Rhône, qui se fait sentir particulièrement dans les environs de Viège. Trois millions de mètres cubes ajoutés subitement aux eaux du Rhône rendent alors son voisinage dangereux. Quand j'explorais ce lac, le 28 août 1848, il était couvert de glaces flottantes; l'année sui-



Fig. 73. Lac du mont Saint-Bernard, d'après une photographie de M. Ferrier.

vante, le 18 août, il venait de se vider; les blocs de glace gisant sur le sol n'étaient pas encore complètement fondus<sup>1</sup>. »

On a construit récemment un canal destiné à donner un écoulement constant à une partie des eaux du lac de Mœrill, afin de diminuer les ravages que ces eaux produisaient autrefois par leur éruption, qui arrivait périodiquement tous les six ou sept ans.

1. *Mémoire sur les glaciers actuels*, Paris, 1857.

La *Gouille de Vassu*, autre lac glaciaire formé entre deux branches du glacier du Valsorei, se vide tous les ans, d'après Saussure. On connaît encore comme lacs glaciaires, le lac Rofner, au pied du glacier de Vernagt; le lac Combal, dans l'Allee-Blanche; le lac de Tacul, dans la Mer de Glace, etc., etc.

Comme exemple intéressant d'un lac formé par les eaux des glaciers, nous représentons ici le lac qui s'étend au-devant de l'hospice du Mont-Saint-Bernard, dans cette solitude affreuse qu'animent et vivifient le dévouement et la charité.

Placé dans la région des neiges éternelles, le mont Saint-Bernard et l'hospice qui porte ce nom se trouvent sur la route qui mène en Italie quand on franchit les Alpes. Aucune végétation n'est possible dans ces lieux d'une altitude de plus de 3000 mètres et dont la température ne remonte jamais au-dessus de zéro. Plus de dix mille voyageurs traversent chaque année le mont Saint-Bernard, et trouvent un asile gratuit dans l'immense bâtiment de l'hospice.

## IV

Glaciers des Alpes, des Pyrénées et du Spitzberg (Europe). — Glaciers de l'Himalaya (Asie). — Glaciers des Cordillères (Amérique).

Nous venons de faire connaître toutes les particularités intéressantes qui forment l'histoire physique des glaciers en général. Il ne nous reste qu'à signaler les principales régions des deux hémisphères où se rencontrent avec le plus grand développement ces amas immenses et pittoresques d'eaux solidifiées qui descendent des montagnes et se suspendent à leurs flancs.

D'après ce que l'on vient de lire, on voit qu'il faut qu'une chaîne de montagnes réunisse bien des conditions pour que les neiges s'y changent en glaciers permanents. Dans aucune contrée de l'Europe ces conditions ne se trouvent réunies au même degré que dans les Alpes de la Savoie et de la Suisse. On y rencontre, en effet, un relief continu qui s'élève au-dessus de la limite des neiges éternelles, et dont la base, déchiquetée par une multitude de vallées, descend dans une région au climat humide et tempéré, propre à faciliter la *glacification* des neiges. Aussi ne voit-on nulle part en Europe des glaciers aussi considérables et aussi puissants que dans les Alpes. Nous avons déjà parlé avec détails de plusieurs de ces importants glaciers. Celui qui a été le plus étudié et le plus exploré par les naturalistes, c'est le grand glacier de l'Aar dans l'Oberland. Il faut citer ensuite les glaciers d'Aletsch et de Grindelwald, dans le Valais; ceux de la Brenva et de Miage, sur le revers italien du Mont-Blanc; les glaciers du Mont-Rose, etc.

Tout le monde connaît, au moins par son nom, la *Mer de Glace* (fig. 74) de la vallée de Chamonix, dont le lit énorme est formé par la réunion des glaciers du Géant, de Lechaud et du Talèfre. Aucune description ne saurait rendre la magnificence de la Mer de Glace; aucun pinceau ne saurait donner l'idée des teintes des blocs de glace, qui varient sans cesse, non-



seulement avec la profondeur des crevasses ou l'épaisseur des couches, mais avec l'heure du jour. La blancheur des glaces forme le plus vif contraste avec la teinte noire des roches granitiques environnantes et la verdure des sapins qui encaissent le glacier sur chaque bord. Le bruit perpétuel des eaux qui coulent sous les pieds du touriste, dans des conduits souterrains, l'éblouissante lumière du soleil réfléchi sur le glacier, et les reflets étincelants qui en jaillissent, tout concourt à faire de cet ensemble une des plus imposantes scènes de la nature.

Un autre glacier qui rivalise pour la beauté et la pittoresque grandeur avec la Mer de Glace, c'est le glacier de Grindelwald, dont la figure 76 représente la partie inférieure.

Les Pyrénées n'offrent que très-peu de glaciers, car les conditions exigées par la glacification des neiges n'y sont qu'incomplètement réunies. Leur massif ne dépasse pas la limite des neiges perpétuelles; des pics isolés s'élèvent seuls à ces hauteurs. Il est donc difficile que des glaciers s'y établissent.

Les glaciers les plus remarquables de la chaîne des Pyrénées sont ceux de la Maladetta, de Crabioules et de Vignemale, de la Brèche-de-Roland, etc. La figure 75 représente le glacier de la Maladetta.

Dans les *sierras* d'Espagne, on ne rencontre pas de glaciers qui méritent véritablement ce nom.

Dans les montagnes du Caucase, en Asie, M. Kolenati a rencontré quelques champs de *névé* et des glaciers secondaires : ce sont les glaciers de Tchohari, de Zminda et de Desdaroki, établis entre les cimes du Kazbek.

Dans la chaîne de l'Himalaya, les frères Schlagintweit ont observé d'admirables glaciers, aux altitudes de 3000 mètres. Nous représentons dans les deux planches 79 et 81 (pages 289 et 293) les vues de deux glaciers de l'Himalaya, d'après les belles aquarelles qu'en ont données ces voyageurs. Le premier est le glacier de Kothsada, l'autre le glacier de Nubin (Tibet). On y remarque des moraines latérales semblables à celles des Alpes.

Les glaciers de Kouphie et de Pindour descendent jusqu'à 3400 et 3600 mètres de hauteur absolue, c'est-à-dire jusqu'à 1 kilomètre au-dessous de la ligne des neiges éternelles, qui se trouve, dans cette région de l'Himalaya, à une hauteur de



Fig. 74. Mer de Glace dans la claine du Mont-Blanc, d'après une photographie de M. M. Bisson.





4570 mètres, d'après Strachey. On a remarqué dans les glaciers de l'Himalaya le même mouvement progressif que dans les glaciers des Alpes, des moraines, des crevasses, des roches striées, enfin tout ce que nous avons décrit à propos des glaciers européens.

Dans les Andes de l'Amérique centrale, la formation des gla-



Fig. 75. Glacier de la Maladetta (Pyrénées) d'après une photographie de M. Ferrier.

ciers rencontre d'insurmontables obstacles par la situation isolée des cimes qui dépassent la limite des neiges, comme aussi par l'uniformité du climat tropical, qui n'offre point ces alternatives de chaleur humide et de froid intense nécessaires pour faire passer le névé à l'état de glace compacte. On a cru longtemps que les Cordillères ne renfermaient pas un seul glacier; cependant M. Acosta en a vu un dans la Nevada de Santa-



Marta, sous le 11<sup>e</sup> degré de latitude boréale. On remarque dans ces glaciers des moraines, des blocs erratiques, des crevasses, etc. La glace descend au-dessous de la ligne des neiges éternelles, qui est ici à 4680 mètres de hauteur.

Un peintre allemand, M. Rugendas, a observé et dessiné les glaciers de Cerro da Tolosa, qui occupent les points les plus éle-



Fig. 76. Glacier du Chili.

vés de la Cordillère du Chili (fig. 76), entre Santiago et Mendoza. Situés par 34 degrés de latitude australe et à 3900 mètres au-dessus du niveau de la mer, ils remplissent les larges ravins qui découpent ces sommets de phonolite. Composés de glace blanche, bleuâtre dans les escarpements, entraînant des blocs tombés des cimes qui les dominent, ces glaciers rappellent complètement les glaciers du second ordre des Alpes, qui, sus-



Fig. 77. Glacier inférieur de Grindelwald, d'après une photographie de M. Ferrier.





pendus au cimes du Wetterhorn et du Schreckhorn, ne descendent pas dans les vallées inférieures.

Ces rares glaciers de l'Amérique méridionale sont les derniers vestiges de l'immense manteau de glaces qui a couvert une grande partie de l'Amérique pendant l'époque quaternaire. En effet, un grand nombre de blocs erratiques venus des Cordillères, et dispersés jusque sous l'équateur, attestent l'existence d'immenses glaciers dans le Nouveau-Monde pendant les temps géologiques.

On ne connaît pas de glaciers dans le nord de l'Amérique ; s'il en existe dans les montagnes Rocheuses, personne ne peut dire encore les avoir vus.

Les glaciers de la Norvège ne tirent pas leur origine de ces grands cirques dans lesquels la neige s'accumule sur le flanc des Alpes. Ils sortent des immenses plaines ou *champs de neige*, qui, dans les régions peu éloignées des pôles, s'étendent sur un espace de plusieurs lieues carrées, couvrant toutes les aspérités du terrain d'un épais manteau que déchirent rarement quelques noirs rochers.

Les glaciers ou *braeer* de Justedal (sous le 61<sup>e</sup> degré de latitude nord) commencent à la hauteur de 340 mètres au-dessus de la mer. La description physique qui en a été faite par Naumann prouve que les glaciers norvégiens sont doués d'un mouvement progressif de translation. Le *Soulitelma*, qui a 1730 mètres d'altitude, envoie aussi de nombreux glaciers dans les vallées inférieures. Les Lapons donnent à ce glacier le nom de *Jegna*.

Les parties les plus élevées de l'Islande disparaissent sous un tapis non interrompu de neige, plus ou moins compacte. Cet immense champ de *névé* a une étendue de 54 kilomètres carrés : de ses bords descendent un grand nombre de véritables glaciers (*jokulls*), qui présentent tous ces phénomènes dont nous avons rendu compte au commencement de ce chapitre.

Nous représentons (fig. 78), d'après l'atlas du *Voyage de la Recherche*, l'un des plus grands glaciers de l'Islande, celui de Svinafells. Cette énorme accumulation de glaces, remarquable par ses belles aiguilles et ses profondes crevasses, est une des plus étendues que l'on connaisse. Elle est située le long des flancs du volcan connu sous le nom de Klofa-Jokull. Elle a



un pic de 65 mètres de hauteur dans sa partie la plus élevée, et sa couleur est d'un bleu transparent, mais souvent altérée par des zones de poussière volcanique.

Les glaces de cette partie de l'Islande suivent la chaîne des volcans et occupent 6 à 7 lieues carrées. Une ceinture de moraines les sépare de la mer. Un fleuve, le Jokullsa, sort en bouillonnant de cette immense mer de glace.

En Islande, sous la double influence d'un climat plus rigoureux et de montagnes assez élevées, les glaciers descendent

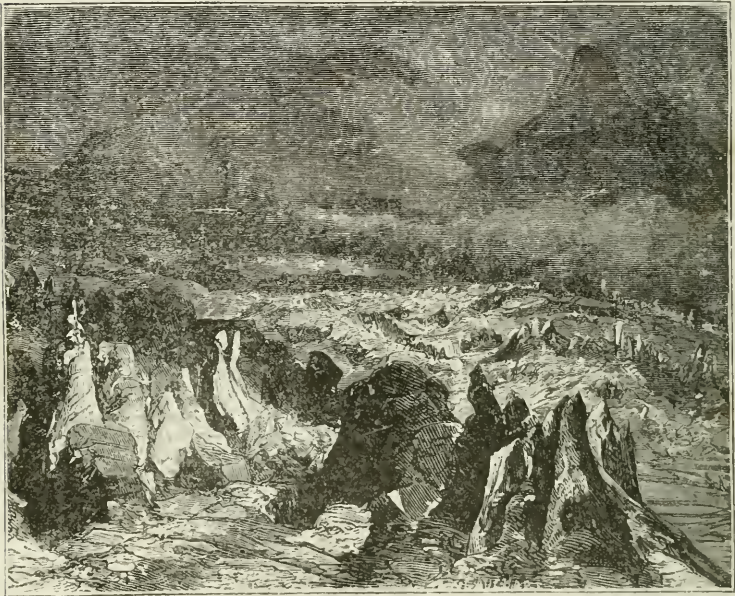


Fig. 78. Glacier de Svinafell--Jokull.

jusqu'aux bords mêmes de l'Océan. Toutefois ils ne s'avancent pas jusque dans la mer, car il existe toujours une plage libre qui permet de cheminer entre les glaciers et les flots.

Mais les glaciers d'une région plus rapprochée du pôle, ceux du Spitzberg, descendent jusque dans la mer. Celui de Bell-Sound (fig. 80) a une longueur de 16 kilomètres sur 5 kilomètres de largeur.

L'énorme puissance de ces masses et la rigueur continue du froid les préservent en partie des crevasses et fractures si fré-



Fig. 79. Glacier de Kolsada (Himalaya), d'après l'atlas du Voyage en Asie des frères Sehlagintweit.



quentes dans les glaciers alpins. Mais, d'après M. Ch. Martins, qui a séjourné un certain temps au Spitzberg, ces glaciers ne sont que de simples *névés*, comparables tout à fait à la partie supérieure des glaciers suisses, dont on retrancherait le flôuve glacé qui descend dans la vallée. Ce ne sont pas de véritables glaciers, mais des champs de neige qui se modifient par quelques alternances de gelée et de dégel; ils se transforment en glace, mais en glace de *névé*, et non en glaciers. Ce développe-



Fig. 80. Glacier de Bell-Sound, au Spitzberg.

ment incomplet a pour cause l'uniformité du froid dans ces parages, car la formation d'un glacier n'est pas possible sans des alternances assez marquées de température.

Comme les glaciers des Alpes, les glaciers polaires sont doués d'un mouvement de progression; ils déchargent lentement les fardeaux de neige et de rochers qu'y entassent les longs hivers. Nous aurons à revenir sur les glaciers polaires en parlant, à la fin de cet ouvrage, des mers arctique et antarctique.







Fig. 81. Pics et glaciers de Nubin (Tibet), d'après l'Atlas du Voyage en Asie des frères Schlaginweit.



## V

Température propre du globe. — Loi de l'accroissement de la chaleur dans ses parties profondes. — Observations directes de l'accroissement de cette température dans l'intérieur des mines et des puits artésiens. — Température des eaux thermales et des laves volcaniques.

Nous n'avons pas à prouver ici l'existence d'un foyer incandescent au centre de la masse terrestre. Ce principe est la base de toute la géologie moderne, et nous l'avons mis suffisamment en lumière dans *la Terre avant le déluge*. Contesté à la fin du dernier siècle par Werner, l'illustre chef de l'école Neptunienne, ce principe a été dégagé avec toute l'évidence désirable par les deux plus grands élèves de Werner lui-même, par Léopold de Buch et Alexandre de Humboldt. Ce que nous avons à rechercher ici, ce n'est donc point le fait même de l'existence d'un fluide igné à l'intérieur du globe, mais seulement la loi selon laquelle se fait l'accroissement de la température à mesure que l'on descend dans ses profondeurs.

On admet généralement, comme nous l'avons dit dans l'ouvrage cité plus haut, que la température de la terre s'élève de 1 degré par chaque 33 mètres de profondeur. Mais ce chiffre n'est que le résultat moyen d'un grand nombre d'observations : les circonstances locales, en particulier la conductibilité des roches pour le calorique, font varier selon les lieux cette progression uniforme. Il ne sera donc pas indifférent de rappeler ici les différentes observations qui ont conduit à adopter ce chiffre moyen.

Le savant jésuite Kircher, qui écrivait au milieu du dix-septième siècle, parle de l'accroissement de température qui est très-sensible dans les mines de Hongrie. Les premières mesures de la chaleur des mines ont été faites en 1740, par Gensanne, dans les mines de plomb de Giromagny (Vosges). Gensanne trouva une augmentation de 1° pour 19 mètres de profondeur<sup>1</sup>.

1. Mairan, *Dissertation sur la glace*. Paris, 1749, p. 60.



A la fin du siècle dernier, Horace de Saussure avait remarqué que les glaciers des Alpes fondent par leur base, en toute saison. Il attribua à la chaleur propre du globe la cause de cette fusion, et il se trouva ainsi amené à faire, dans les lieux profonds, un grand nombre d'expériences, pour rechercher la loi de progression de la température dans l'intérieur du globe.

D'après les expériences qu'il fit dans les salines de Bex, Horace de Saussure crut pouvoir fixer à 1 degré pour 37 mètres de profondeur l'accroissement régulier de la température terrestre.

Dans un des plus beaux mémoires que l'histoire des sciences ait enregistrés<sup>1</sup> et qui a été le point de départ d'une ère nouvelle pour la géologie, Cordier, reprenant les déterminations de ce genre faites avant lui, et en cherchant à éviter les causes d'erreur que ses prédécesseurs avaient rencontrées, a posé les principes aujourd'hui en vigueur. Il a prouvé que l'élévation de la température intérieure du globe est variable d'un lieu à l'autre, mais que le fait même de l'augmentation régulière de cette température est à l'abri de tous les doutes. Cordier trouva une augmentation de 1 degré pour 36 mètres de profondeur dans les mines de Carmeaux (Tarn), pour 19 mètres dans les mines de Littry (Calvados), et pour 15 mètres seulement à Decize (Nièvre). Le chiffre d'augmentation qu'il crut pouvoir admettre était de 1 degré pour 25 mètres.

Dans les mines du Cornouailles, en Angleterre, on a mis plus récemment en usage une méthode particulière pour la même détermination. Cette méthode consiste à noter la température des eaux extraites pour l'épuisement des mines. 70 000 tonnes d'eau étaient chaque jour amenées à l'extérieur, et la profondeur de la mine était parfaitement déterminée; la température de ces eaux représentait donc exactement celle du lieu de leur irruption. Les observations faites dans les mines du Cornouailles ont conduit à admettre 1 degré par 37 mètres de profondeur, c'est-à-dire le chiffre même que Saussure avait adopté.

Dans les mines de l'Erzgebirge (Saxe), on a organisé un vaste

1. *Essai sur la température du globe. (Annales du Muséum d'histoire naturelle de Paris, 1828.)*

ensemble d'observations qui ont été poursuivies pendant dix ans, pour noter la température des roches, au moyen de thermomètres scellés dans la pierre. Ces thermomètres étaient disposés suivant une même ligne verticale. Les expériences ont été faites dans vingt mines différentes, représentant une surface d'environ 40 kilomètres. On observait le thermomètre plusieurs fois par mois, et l'on prenait la moyenne de ces observations pour chaque mois, enfin pour chaque année. C'est ainsi que l'on a pu réunir, de 1821 à 1831, près de quatre cents observations faites à des hauteurs variant de 20 mètres à 350 mètres. De toutes les expériences faites dans les mines de l'Erzgebirge, M. Reich a conclu que l'augmentation de température était de 1 degré pour 42 mètres de profondeur.

Des expériences à peu près analogues faites dans les mines de l'Oural, en Sibérie, ont conduit M. Kupffer à un résultat supérieur de près de moitié, quant à la rapidité de l'accroissement de chaleur : l'augmentation a été de 1 degré pour 20 mètres de profondeur. D'un autre côté, dans quelques mines de l'Écosse, les mêmes expériences ont fait admettre une augmentation de 1 degré pour 63 mètres de profondeur. Enfin il a été bien reconnu en Angleterre que la température s'accroît beaucoup plus vite dans les mines de houille que dans les mines où se fait l'extraction des métaux.

La diversité des résultats que nous venons de rappeler prouve que l'observation de la température dans l'intérieur des mines ne constitue pas un moyen rigoureux d'arriver à la détermination dont il s'agit.

Les puits artésiens qui sont établis aujourd'hui dans un grand nombre de localités de l'Europe, fournissent un moyen plus exact que le précédent de chercher la loi qui nous occupe. La profondeur d'un puits foré étant parfaitement connue, la température de l'eau qui s'élançe à la surface de la terre par le tube abducteur doit signaler, sans erreur possible, la température du point de la terre d'où cette eau a jailli, car l'eau n'a pas eu le temps de se refroidir sensiblement. Celle qui s'échappe du puits artésien de Grenelle, par exemple, profond de 548 mètres, est à la température de  $27^{\circ},7$ . Comme la température moyenne de Paris est de  $10^{\circ},6$ , on voit que cette eau a emprunté aux parties profondes du sol  $17^{\circ},1$  de chaleur. Ce chiffre correspond

à une augmentation de 1 degré pour 32 mètres. L'eau du puits artésien de Passy marque 28° à 570 mètres de profondeur, ce qui donne à peu près le même résultat.

M. Walferdin a introduit dans le tube abducteur de divers puits artésiens des thermomètres disposés de manière à résister à la pression des eaux, et qui donnent avec beaucoup d'exactitude leur température. A l'aide de ses *thermomètres à déversement*, M. Walferdin a reconnu dans le puits artésien de l'École militaire, à Paris, dans le puits artésien de Saint-André (Eure), et dans le puits artésien de Grenelle, une augmentation de 1 degré pour chaque 31 mètres. Il avait observé dans le premier puits à 173 mètres, dans le deuxième à 353, dans le dernier à 400 et à 505 mètres de profondeur.

Nous pouvons ajouter qu'un puits artésien de 223 mètres ayant été foré à Pregny, M. de la Rive, de Genève, a pu y introduire des thermomètres à des profondeurs variables, et reconnaître ainsi un accroissement de 1 degré pour 32 mètres.

Les plus profonds forages ont été exécutés à Mondorf, dans le grand-duché de Luxembourg, et au Neusalzwerck, près Minden (Prusse). Le premier a été poussé jusqu'à 730 mètres, le dernier jusqu'à 697 mètres. Ils ont donné respectivement 31 et 32 mètres pour la profondeur qui correspond à un accroissement de chaleur de 1 degré centigrade.

C'est en combinant cet ensemble de résultats que l'on admet aujourd'hui le chiffre de 1 degré d'élévation de température pour 33 mètres de profondeur, en notant toutefois que ce rapport peut varier du tiers et même de la moitié selon les localités.

La profondeur à laquelle on peut faire des observations du genre de celles que nous venons de rapporter n'est jamais bien grande, car les puits artésiens n'ont pas dépassé jusqu'ici 700 mètres, et nos mines les plus profondes n'atteignent pas 2000 mètres. Les observations directes de la chaleur de la terre, poussées jusqu'aux plus extrêmes profondeurs auxquelles nous puissions atteindre, ne pourraient donc accuser qu'une température de 60 degrés au plus. Cette température n'a même jamais été observée avec des instruments descendus à cette profondeur. Mais un phénomène géologique particulier va nous permettre de constater pour l'intérieur de la terre des températures beaucoup plus élevées.

Certaines eaux minérales coulent à la surface du sol avec une température qui peut aller jusqu'à 90 degrés<sup>1</sup>.

Ces immenses gerbes d'eaux chargées de silice qui s'échappent du sol de l'Islande et que l'on nomme les *geysers*, dépassent la température de 100 degrés au point d'émergence à la surface du sol ; et dans leur canal souterrain, à quelques mètres de profondeur, la température est de 124 degrés. Cette chaleur n'a pu évidemment être communiquée à ces eaux que par les parties profondes de la terre occupées par la nappe liquide.

Un autre phénomène géologique plus important encore prouve sans réplique l'existence, à l'intérieur du globe, d'une température qui ne peut être moindre de 1500 degrés centigrades. Un grand nombre d'observations, faites pendant les éruptions du Vésuve, ont prouvé que les laves qui coulent hors de son cratère, et se répandent sur les flancs de la montagne, sont portées à un degré vraiment inouï de chaleur. Si l'on projette dans ces laves, au moment de leur coulée, du verre ou des substances bien plus réfractaires, telles que des basaltes ou du granit, ces matières entrent en fusion au contact de la lave. On a trouvé plus d'une fois dans les fouilles opérées pour mettre à nu la ville de Pompéi, des barres ou des tiges de fer, et, par exemple, des tringles de rideau, des monnaies d'argent ou d'or, etc., à demi fondues, et qui ont été amenées à l'état liquide par le seul contact des cendres du volcan. Le point de fusion du

1. Voici la température de quelques sources thermales naturelles :

Courmayeur (Piémont).....	34°
Saint-Gervais (Savoie).....	37°
Vichy.....	40°
Mont Dore.....	44°
Aix en Savoie.....	45°
Balaruc.....	47°
Baréges (France).....	49°
Louèches (Suisse).....	52°
Cauterets (France).....	55°
Bourbonne-les-Bains.....	57°
Bagnères (France).....	59°
Dax (Landes).....	60°
Aix-la-Chapelle (Prusse).....	62°
Borset (Prusse).....	70°
Carlsbad (Bohême).....	74°
Chaudesaigues.....	88°
La Trinchera (Amérique).....	90°
Reckum (Islande).....	100°
Geysir (Islande), au fond.....	124°



fer étant d'environ 1500 degrés centigrades, il est prouvé par cette observation que les parties internes de notre globe ont au moins la température de 1500 degrés. Nous rappelons ces derniers faits pour répondre à cette objection qui a été présentée quelquefois, à savoir que les observations directes faites à l'intérieur de la terre n'ont jamais dépassé les températures de 30 à 40 degrés.

Il est donc prouvé que la température de l'intérieur de notre globe va sans cesse en croissant; les observations directes permettent de fixer cette augmentation à 1 degré pour 33 mètres de profondeur.

Si l'on admet que cette progression se continue régulièrement jusqu'au centre du globe (hypothèse aussi difficile à rejeter qu'à défendre), il en résulterait que la température du noyau central terrestre serait, comme nous l'avons dit dans *la Terre avant le déluge*, de 195 000 degrés; — qu'à une profondeur moindre de  $\frac{1}{50}$  du noyau terrestre la chaleur serait de 7700 degrés au thermomètre centigrade (100 degrés du pyromètre de Wedgwood), température capable de fondre toutes les laves et une grande partie de toutes les roches connues; — enfin que la température de 100 degrés centigrades, en d'autres termes la chaleur de l'eau bouillante, existerait à la profondeur de 2500 mètres au-dessous du sol.

D'après ce qui précède, si l'art du forage des puits artésiens peut aller un jour jusqu'à pousser les sondages à 2500 mètres de profondeur, et s'il existe là des nappes d'eau liquide, on pourra extraire de l'intérieur du globe de véritables fleuves d'eau bouillante, imiter artificiellement l'imposant phénomène des *geysers*, et doter l'industrie de trésors incalculables, en mettant en nos mains, sans frais et sans appareils, la force mécanique de la vapeur d'eau, ce moteur universel, âme de l'industrie.

Mais, pour quitter le champ des hypothèses et rentrer dans le domaine des faits, concluons des considérations que nous venons de présenter, que la masse centrale du globe est constamment dans un état de liquéfaction produite par la chaleur, et avec cette donnée fondamentale, arrivons à l'étude de ces deux grands phénomènes des *tremblements de terre* et des *volcans* qui, à toutes les époques, ont été un sujet continuel d'épouvante pour le vulgaire, d'étonnement pour le philosophe, et d'études pour le savant.

## VI

Les tremblements de terre. — Phénomènes généraux.

Les tremblements de terre et les volcans sont deux effets successifs, ou concomitants, d'une même cause générale. Puisque l'intérieur de notre planète, à partir de douze lieues seulement de sa surface, est occupé par une masse liquide incandescente, par des matières en fusion, on peut se représenter l'écorce solide de la terre comme une sorte de radeau flottant, sans autre soutien que sa propre cohésion, sur un océan de feu, le *Phlégéon* de l'antiquité grecque. Cette mince écorce doit ressentir différentes impressions par suite des mouvements tumultueux de la masse liquide qui la supporte. M. Alexis Perrey, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, a donné à cette pensée une forme éminemment scientifique. Il a cherché à établir, tant par le calcul que par le rapprochement d'un nombre immense d'observations, que l'attraction lunaire et solaire, qui produit à la surface de notre globe le flux et le reflux des mers, agit également sur la mer intérieure cachée dans les profondeurs de la terre; il explique par l'action attractive de notre satellite les tremblements de terre, qui seraient, pour ainsi dire, le résultat périodique des marées de l'océan lavique intérieur. Nous n'avons pas à juger ici cette vue remarquable. Nous ne l'invoquons que pour établir la cause générale des tremblements de terre, et pour montrer la liaison indissoluble de ce phénomène avec celui des volcans.

Que les flots incandescents de l'océan intérieur viennent à heurter la croûte terrestre par sa face intérieure, il y aura, sur une étendue variable, *tremblement de terre*. Que la pression exercée par les laves sous-jacentes ait assez de puissance pour rompre l'écorce terrestre, et établir, par cette fracture, une communication directe entre l'intérieur du globe et sa surface, les laves, c'est-à-dire les flots de la mer intérieure, se feront

jour au dehors : il y aura *volcan*. Si cette ouverture, si cette communication accidentellement établie en un point, entre l'intérieur et l'extérieur de la terre, demeure persistante, et que l'éruption des laves soit continue, comme au Stromboli, ou séparée seulement par quelques années d'intervalle, comme au Vésuve et à l'Etna, le volcan sera *actif*. Si cette communication vient à se fermer, on aura un *volcan éteint*, comme on en trouve un si grand nombre en France, dans l'Auvergne, le Velay et le Vivarais. La présence de masses éruptives, telles que les trachytes et les basaltes, et la persistance des anciens cratères, dont la forme rappelle celle des cratères actuels, permettent sans peine au géologue d'affirmer dans ces contrées l'existence de volcans éteints.

Un physicien allemand, M. Émile Kluge, a cherché à établir que la fréquence des éruptions volcaniques suit la même période de onze ans qui a été signalée pour les taches solaires, pour les aurores boréales et pour les variations de l'aiguille aimantée. Il ajoute que la période séculaire des éruptions du Vésuve, de l'Etna et d'autres volcans, période dont l'existence avait déjà été signalée, comprend neuf de ces périodes de onze ans. Ce n'est pas ici le lieu de discuter la portée d'une telle loi, en admettant qu'elle soit prouvée.

Étudions le phénomène des *tremblements de terre*, nous passerons ensuite à celui des *volcans*.

Depuis l'origine des sociétés humaines, les tremblements de terre ont été un juste sujet d'épouvante et d'horreur. Un simple ébranlement de l'écorce terrestre, qui n'est pour l'histoire naturelle de notre globe qu'un accident insignifiant, est une source d'affreux malheurs pour l'homme civilisé, qui, dans l'intervalle de quelques secondes, peut voir des contrées immenses ravagées de fond en comble, d'opulentes cités, de fertiles campagnes changées en un monceau de ruines, et cent mille de ses semblables périr sous les décombres des maisons renversées, ou disparaître à jamais, engloutis dans le sol entr'ouvert.

Avant de présenter l'histoire de quelques événements de ce genre, de ceux qui ont laissé dans la mémoire des hommes les plus tristes souvenirs, nous croyons utile de tracer le tableau

général des tremblements de terre au point de vue scientifique. Nous allons donc passer successivement en revue : les accidents précurseurs des tremblements de terre ; — l'étendue superficielle de cet ébranlement du sol ; — la durée et la direction des secousses ; — les effets qui en résultent quant à la configuration du sol ; — les désastres qu'ils occasionnent ; — enfin l'impression morale qu'exerce sur l'homme cet effrayant phénomène.

On s'imagine communément qu'un tremblement de terre est toujours précédé, annoncé et pour ainsi dire préparé, par quelque agitation inusitée de l'air, par un violent orage, par des vents brûlants, ou par une agitation anormale de l'aiguille aimantée. Il n'en est rien. Cette absence de phénomènes précurseurs ne peut d'ailleurs surprendre quand on sait que la cause des tremblements de terre est tout intérieure, et que par conséquent elle n'a rien à démêler avec les conditions de l'atmosphère. C'est souvent par le soleil le plus radieux, par le calme le plus profond des airs, qu'éclatent soudainement ces catastrophes qui changent en un champ de ruines et de mort les campagnes et les cités, et anéantissent en un clin d'œil des milliers d'existences. Le terrible tremblement de terre de Lisbonne surprit cette capitale un jour de fête, à neuf heures du matin, par l'une des plus belles matinées de cet heureux climat, au moment où les habitants se rendaient en foule dans les églises. Les tremblements de terre arrivent par un ciel serein comme pendant la pluie, par un vent frais et doux comme par un temps d'orage. De Humboldt, dans les nombreux tremblements de terre qu'il a observés au Nouveau-Monde, entre les tropiques, n'a jamais vu l'aiguille aimantée influencée par ce phénomène, et un autre voyageur, Adolphe Ermann, a fait la même remarque dans la zone tempérée, à l'occasion d'un tremblement de terre qui se fit ressentir à Irkoutsk, près du lac Baïkal, le 8 mars 1829. Le tremblement de terre de Rio Bamba, le 4 février 1797, l'un des plus grands désastres dont fasse mention l'histoire physique de notre globe, et sur lequel Alexandre de Humboldt put recueillir de précieux renseignements, ne fut précédé d'aucun symptôme atmosphérique extérieur.

Il arrive souvent qu'un bruit affreux précède, accompagne



ou suit la catastrophe. Mais ce bruit n'a pas son origine dans l'atmosphère; il gît dans les entrailles du sol : il résulte du craquement des roches, cédant, sur une immense étendue, à la pression des laves enflammées qui les brisent. Un épouvantable bruit souterrain précéda de quelques minutes le désastre de Lisbonne. Mais la grande secousse de Rio-Bamba, de février 1797, ne fut signalée par aucun bruit. Une détonation formidable fut entendue sous le sol de Quito et d'Ibarsa, villes assez distantes de Rio-Bamba, mais ce ne fut que vingt minutes après la catastrophe. Un quart d'heure après le tremblement de terre qui détruisit la ville de Lima, le 28 octobre 1746, un coup de tonnerre souterrain retentit à Truxillo. Ce ne fut également que longtemps après le grand tremblement de terre de la Nouvelle-Grenade, du 16 novembre 1827, dont M. Bous-singault a donné la description, que l'on entendit dans la vallée de Cauca des détonations souterraines.

La nature du bruit qui accompagne ou suit les tremblements de terre varie beaucoup. Tantôt il se prolonge comme un sourd cliquetis de chaînes entre-choquées souterrainement, tantôt il est saccadé comme l'éclat d'un tonnerre voisin. D'autres fois il gronde longuement, comme le feraient les roulements lugubres d'un million de tambours. Il peut aussi ressembler à un bris de porcelaines et de verres, comme si des masses de roches vitrifiées volaient subitement en éclats dans des cavernes souterraines.

La physique nous enseigne que les corps solides sont d'admirables conducteurs du son; les bois, les métaux, les roches transmettent beaucoup plus vite que l'air et les gaz les ondulations sonores. On peut se convaincre de ce fait en plaçant une montre à l'une des extrémités d'une poutre, et appliquant l'oreille à l'autre extrémité. Le mouvement du balancier de la montre, qui ne s'entendrait nullement à cette distance à travers l'air, se perçoit avec la plus grande facilité, par l'intermédiaire de la poutre. Aussi, les bruits formés à l'intérieur de la terre par le craquement et la rupture des masses minérales solides se transmettent-ils à de grandes distances et se font-ils entendre fort loin de leur point d'origine. D'après de Humboldt, à Caracas, dans les plaines de Calabozo, sur les bords du Rio-Apure, l'un des affluents de l'Orénoque, c'est-à-dire sur

une étendue de 1300 myriamètres carrés, on entendit une effroyable détonation au moment où un torrent de lave sortait du volcan Saint-Vincent, situé dans les Antilles, à une distance de 120 myriamètres. Par rapport à la distance, c'est à peu près comme si les bruits souterrains du Vésuve se faisaient entendre à Paris. Pendant la grande éruption du Cotopaxi, en 1744, le bruit des détonations souterraines se transmet jusqu'à Honda, distant du Cotopaxi de 81 myriamètres; ces deux points présentent pourtant une différence de niveau de 5500 mètres, et ils sont séparés l'un de l'autre par des montagnes colossales. Pendant le tremblement de terre de la Nouvelle-Grenade, en février 1835, des bruits souterrains se firent entendre dans le Caracas, à Haïti, à la Jamaïque et sur les bords du lac de Nicaragua.

Ces fracas souterrains éclatent parfois sans accompagner ou suivre aucun tremblement de terre. Le 9 janvier 1784, des mugissements et tonnerres souterrains (*bramido y truenos subterranos*) se firent entendre à Guanaxato, capitale de la province du même nom, au Mexique, et durèrent plus d'un mois, coupés de temps en temps par de violentes détonations. Du 13 au 16 janvier, ils ressemblaient à un orage; des éclats brefs et saccadés comme ceux de la foudre alternaient avec les longs roulements d'un tonnerre éloigné. Bien que Guanaxato ne fût pas située dans la région des volcans du Mexique, les habitants de cette ville furent frappés d'épouvante et désertèrent en masse la ville. De grandes quantités d'argent en barres étaient alors rassemblées à Guanaxato. Quelques individus, que l'appât d'un riche butin faisait résister à la terreur générale, forcèrent les maisons et firent rapidement main basse sur ces trésors. Peu à peu néanmoins on osa rentrer dans la ville; une partie de la milice urbaine, revenue dans ses foyers, s'efforça de reconquérir ses biens sur la partie de la population que les circonstances avaient transformée en pillards et en brigands. Pour prévenir une nouvelle émigration, l'autorité frappa d'une forte amende toute famille riche qui tentait de quitter la ville, et condamna les pauvres à l'emprisonnement. Mais ce qui retint mieux encore la population, ce fut la fin graduelle du vacarme souterrain, qui cessa peu à peu, comme il avait commencé. Aucun tremblement n'avait accompagné ces

bruits effrayants; on ne ressentit aucun mouvement, ni à la surface du sol, ni dans les mines jusqu'à 500 mètres de profondeur. Ce qui prouve que ces bruits provenaient bien de dessous terre, c'est qu'on les entendait avec beaucoup plus d'intensité dans les mines qu'à la surface du sol. Ajoutons que rien de semblable ne s'est renouvelé depuis ce moment à Guanaxato. Des bruits internes peuvent donc se prolonger sans amener de tremblement de terre.

Un fait semblable s'est présenté dans notre siècle. En 1822, l'île de Meleda, située dans l'Adriatique, sur les côtes de la Dalmatie, fut mise en émoi par des bruits souterrains qui se prolongèrent pendant quatre années entières. Ils se succédaient avec tant de fréquence, que l'on compta plus de cent explosions souterraines pendant la seule nuit du 2 au 3 septembre 1823. Les détonations ressemblaient si bien à des décharges d'artillerie, qu'on les attribua d'abord à quelque bataille navale; mais, le tapage durant toujours, on crut à l'imminence d'un tremblement de terre, qui toutefois ne se produisit jamais. On ressentit seulement une secousse qui ne causa aucun mal aux édifices; elle détacha un bloc de rocher d'une montagne voisine.

Les habitants de l'île, inquiets de cet accident, et redoutant une éruption volcanique, demandèrent au gouvernement autrichien de les faire transférer en masse sur la terre ferme. Les autorités de Vienne commencèrent par envoyer sur les lieux deux naturalistes, MM. Franz Riepel et Paul Partsch, qui parvinrent à tranquilliser la population sur les chances du péril. Les bruits ne cessèrent toutefois entièrement qu'en 1826.

Un tremblement de terre n'étant autre chose qu'une oscillation, un mouvement de l'écorce terrestre, ne peut ébranler un point unique du globe, mais il doit s'étendre sur un assez grand espace. Quelquefois l'étendue de la région agitée est très-considérable; il nous sera facile d'en citer plusieurs exemples.

Le tremblement de terre de Lisbonne se propagea sur un hémisphère presque tout entier. On a calculé que les secousses se firent sentir sur une étendue de pays quatre fois aussi grande que l'Europe. Le sol fut agité le même jour, non-seulement en Portugal et en Espagne, mais dans presque toute

l'Europe, dans le nord de l'Afrique et jusqu'en Amérique. La ville de Sétubal, située à vingt lieues au sud de Lisbonne, fut engloutie. Sur la côte d'Espagne, à Calix, la mer s'éleva de 30 mètres. En Irlande, dans le port de Kinsale, plusieurs vaisseaux furent lancés sur la place du marché. En Angleterre et en Écosse, les lacs, les rivières et les sources furent extraordinairement agités. De légères oscillations se firent sentir en Suède, en Norvège, en Hollande, en France, en Allemagne, en Suisse, en Italie et en Corse. Les sources thermales de Tœplitz tarirent d'abord, puis elles revinrent, colorées par des sels ferrugineux, et inondèrent la ville. Une des sources minérales de Nérís s'éleva de quatre pieds. L'oscillation de la terre fut très-violente dans le nord de l'Afrique. A Alger et à Fez, on compta environ 10 000 victimes humaines. A Tanger, la mer fut extraordinairement agitée; elle franchit dix fois de suite ses limites ordinaires. Dans l'île de Madère, la mer s'éleva de 18 mètres au-dessus de sa hauteur habituelle. Fez et Mequinez, villes du Maroc, furent détruites. Enfin, dans les petites Antilles, où la marée ne dépasse pas 75 centimètres, les flots, colorés en noir comme de l'encre, s'élevèrent à 7 mètres de hauteur. Ainsi le tremblement de terre de Lisbonne se fit sentir depuis le Portugal jusqu'en Laponie d'une part, et jusqu'aux Antilles de l'autre, et en travers de cette direction, depuis le Groënland jusqu'à l'Afrique.

Les tremblements de terre de la Calabre, en 1783 et 1784, se propagèrent dans toutes les directions, à la distance d'environ 70 lieues à la ronde, tant sur terre que sur mer. Les secousses se propageaient suivant une ligne droite. Les effets de ce tremblement de terre semblaient se communiquer de proche en proche : les secousses avaient déjà cessé en Calabre, quand tombèrent les premières maisons en Sicile. Aussi les habitants de Messine purent-ils voir les *villas* construites sur les bords de la mer renversées avant que les oscillations eussent atteint les maisons de la ville, qui ne s'écroulèrent que quelques secondes après.

Les tremblements de terre du Chili (juillet 1794), qui ébranlèrent 300 lieues de rivages, furent ressentis à 170 lieues en mer, ce qui donne à l'ébranlement une superficie de plus de 50 000 lieues carrées.



Le 8 septembre 1601, on ressentit à Lima une secousse de tremblement de terre qui s'étendit dans presque toute l'Europe et atteignit jusqu'en Asie.

La secousse qui renversa Caracas, le 12 mai 1812, se propagea jusqu'à 180 lieues de distance.

Le tremblement de terre de la Nouvelle-Grenade, du 17 juin 1826, exerça son action sur plusieurs myriamètres carrés.

Les secousses du tremblement de terre de la Martinique se propagèrent sur toutes les Antilles, sur la Floride, sur les côtes du golfe du Mexique et sur une partie de l'Amérique du Sud, c'est-à-dire sur une étendue de 375 000 lieues carrées.

La comparaison des divers tremblements de terre connus jusqu'à ce jour met donc en évidence la propagation de l'ébranlement du sol sur des espaces souvent considérables. L'oscillation semble quelquefois s'être étendue sur un grand cercle plus ou moins incliné sur l'équateur.

Nous n'avons pas besoin de dire que les tremblements de terre n'ont pas lieu uniquement sur les continents. Le fond de la mer peut osciller par suite de l'ébranlement de la terre, et un violent mouvement être ainsi imprimé à la masse des eaux. En pleine mer, les vaisseaux ont souvent ressenti des secousses de cette espèce. En 1660, le capitaine Oxmann voguait dans les mers du Sud, lorsque, tout à fait à l'improviste, son vaisseau éprouva une agitation qui causa à l'équipage une grande frayeur. On crut avoir touché le fond, mais on reconnut bien vite, après avoir jeté l'ancre, qu'on était éloigné de tout écueil. Le même accident arriva au navigateur Lemaire, dans le détroit qui porte son nom.

Toutes les secousses provenant de ces *tremblements de mer* ont quelquefois démâté des bâtiments, ou produit des voies d'eau. Cependant l'équilibre naturel à un navire rend ce genre d'accident peu dangereux. L'agitation des flots produite par les tremblements de terre n'est vraiment à redouter que sur les rivages ; mais dans cette dernière circonstance elle produit souvent de terribles catastrophes.

Pendant le désastre de Lisbonne, le soulèvement de la mer ajouta ses ravages à ceux de la chute des maisons et des édifices. Les flots s'élevèrent à la hauteur de 15 mètres au-dessus des plus hautes marées. Cette montagne d'eau se rua avec une

puissance irrésistible sur la ville en ruines, renversant ce que le tremblement de terre avait épargné, et inondant toutes les côtes. Trois fois la mer revint à l'assaut, entraînant avec elle, dans son mouvement de retour, ce qu'avait rencontré son élan furieux.

Pendant le tremblement de terre de Lima, le 28 octobre 1746, la mer, s'élevant à la hauteur de 80 pieds, se rua sur la malheureuse ville de Callao, et l'engloutit tout entière. Une nouvelle irruption emporta même le terrain sur lequel la ville était bâtie. Tous les navires du port de Callao furent mis en pièces ou noyés. Les petits bâtiments furent submergés sur place ; les grands eurent leurs câbles rompus et furent jetés à la côte. Quatre de ces navires furent transportés par les vagues à une lieue et demie au delà des murs de la ville. Tous ces bâtiments périrent corps et biens. Les équipages de ceux qui avaient été jetés à la côte furent écrasés, comme les navires, par cet effroyable choc. De toute la population de Callao, quinze personnes seulement parvinrent à se réfugier à Lima. Lorsque les habitants de cette dernière ville eurent repris assez de calme pour s'occuper du malheur d'autrui, on ne retrouva plus, sous les amas de débris qui avaient naguère été des vaisseaux, que des cadavres en putréfaction, et quelques malheureux mutilés mourant d'inanition, faute de pouvoir se traîner jusqu'aux abondantes provisions de vivres qui gisaient à quelques pas de distance.

Pendant le tremblement de terre sur les côtes de la Jamaïque, en 1692, la mer se souleva à une prodigieuse hauteur. Une frégate anglaise fut lancée par les vagues au-dessus des maisons et des clochers de la ville de Port-Royal, et déposée, dit-on, sur un des édifices les plus éloignés, dont elle enfonça le toit, restant suspendue entre les murailles.

Tous ces faits prouvent la violence de l'action mécanique que peut exercer la mer quand elle est lancée contre ses rivages par un mouvement convulsif du sol.

La durée d'un tremblement de terre est très-variable. Il est des pays dans lesquels l'agitation du sol se prolonge pendant des semaines et des mois entiers ; on a vu au Pérou la terre trembler pendant plusieurs années consécutives. En certaines contrées ces tremblements de terre sont en quelque sorte pé-

riodiques. A la Jamaïque, par exemple, il faut s'attendre une fois par an, à une trépidation du sol. Il est des pays où les secousses se font sentir pendant six mois ou un an consécutifs; il s'écoule ensuite des siècles sans qu'ils se renouvellent. Il en est d'autres où le phénomène n'a duré qu'un jour, qu'une heure, ou qu'une seconde. Rien n'est donc plus variable que la durée d'un tremblement de terre.

Mais quels que soient le nombre et la fréquence des secousses dont la suite compose un tremblement de terre, la durée de la secousse est presque instantanée. Le tremblement de terre, comme l'orage, peut durer quelque temps; mais la secousse, comme l'éclair, ne dépasse jamais quelques secondes. Le tremblement de terre qui, en 1693, renversa la ville de Messine, et cinquante localités de la Sicile, en causant la mort de 60 000 individus, ne dura que cinq secondes. Celui qui, en 1812, détruisit Caracas, et changea cette ville en un monceau de ruines, dura moins encore : en trois secondes, l'œuvre de destruction fut accomplie. La première secousse mit en branle les cloches de toutes les églises, la deuxième effondra les toits des maisons; une seconde après, et avant que l'on eût pu se rendre compte de rien, une dernière secousse faisait de la ville un amas de décombres, sous lesquels les habitants restaient ensevelis.

Les secousses qui, du 2 avril au 17 mai 1808, c'est-à-dire pendant sept semaines, ne cessèrent d'ébranler la province de Pignerol, et qui se répétaient quatre ou cinq fois par jour, ne durèrent jamais plus de quelques secondes chacune.

La direction des mouvements du sol est assez difficile à préciser, car il est bien rare, au moment d'une catastrophe de ce genre, qu'il se trouve un observateur doué d'une fermeté assez stoïque pour noter exactement le sens et la direction des convulsions terrestres qui menacent de l'engloutir lui-même. Aristote, qui avait pu observer en Grèce et sur le littoral de l'Asie quelques tremblements de terre, a le premier établi trois catégories distinctes dans le sens et la direction des secousses. On peut dire avec le philosophe grec que les secousses sont tantôt *ondulatoires* ou *horizontales*; tantôt *verticales*, c'est-à-dire résultant d'une succession rapide de soulèvements et d'abaissements du sol; tantôt enfin *tournoyantes*.

Les secousses verticales et horizontales sont souvent simultanées. D'après de Humboldt, une secousse verticale dirigée de bas en haut, dans le tremblement de Rio-Bamba, en 1797. produisit l'effet de l'explosion d'une mine : les cadavres d'un grand nombre d'individus furent lancés jusque sur une colline opposée, haute de plus de 150 mètres. Quand les trois genres d'ébranlement se réunissent, rien ne peut échapper à la dévastation. Tel fut sans doute le mode d'ébranlement du sol qui, en 1783, dévasta la Sicile et la Calabre. Les mouvements étaient si violents, si compliqués, que les cimes des arbres vinrent toucher la terre. D'après Dolomieu et Hamilton, observateurs consciencieux, des maisons furent enlevées du sol, puis reprirent leur première place, et l'on vit même le sommet des dernières montagnes des Apennins se balancer en l'air :

*Insolitè tremuerunt motibus Alpes* <sup>1</sup>.

On a souvent prétendu que les chaînes de montagnes, surtout quand elles sont granitiques, comme les Apennins, c'est-à-dire composées de roches primitives, qui ont pour ainsi dire leurs racines dans les plus grandes profondeurs de l'écorce terrestre, arrêtent la propagation des tremblements de terre, qui semblent venir expirer à leur pied. Mais trop de faits ont contredit cette assertion pour qu'on puisse la maintenir dans la science.

Les effets des tremblements de terre ne se bornent pas au renversement de cités entières, le sol même subit alors des modifications importantes. Il peut se soulever, comme il arriva dans le terrible tremblement de terre du Chili, de 1822, où l'on vit la côte de l'Amérique s'exhausser sur une étendue de 300 lieues. Des montagnes nouvelles peuvent ainsi apparaître, et souvent, à l'inverse, des montagnes s'écroulent tout d'une pièce, en comblant les vallées. Quelquefois le sol s'entr'ouvre, laissant après la catastrophe d'énormes crevasses de plusieurs lieues de longueur. En parlant, dans le chapitre suivant, des tremblements de terre de la Calabre, nous donnerons les figures de plusieurs de ces crevasses formées par le déchirement du sol. Elles ne restent pas toujours permanentes; ouvertes au moment de la secousse, elles se referment quelquefois subitement, en broyant entre leurs parois les maisons qu'elles viennent d'en-

1. Virgile, *Géorgiques*, I, 475.



gloutir. On a vu disparaître, dans l'espace béant du sol entr'ouvert, des individus, dont le corps, quelques instants après, était lancé, au milieu d'un déluge d'eau, du même gouffre qui venait de se refermer sur eux.

Un changement de niveau du sol, résultant de l'exhaussement ou de l'affaissement d'une étendue plus ou moins considérable de terrain, est un des effets les plus communs des tremblements de terre. En 1819, dans l'Inde, une colline de 20 lieues de longueur sur 6 de large s'éleva au milieu d'un pays plat et uni. Plus loin, au sud, et parallèlement à la même direction, le pays s'affaissa, entraînant les villages et le fort de Sindré, qui resta entouré d'eau. Ce qui s'est produit dans l'Inde sur cette immense étendue, se manifeste constamment dans tout tremblement de terre, sur des espaces plus rétrécis. Le niveau primitif du sol est bouleversé, et le changement du cours des rivières est le résultat de ce renversement du niveau primitif du terrain.

Par les crevasses ouvertes dans le sol, on voit souvent s'élaner des éruptions de matières diverses : d'eau, de gaz et même de flammes. A Catane, en 1818, on vit jaillir des fentes de la terre des jets d'eau chaude ; en 1812, on vit près de New-Madrid, dans la vallée du Mississipi, des courants de vapeur d'eau ; à Messine, en 1782, une boue et une fumée noires. Pendant le tremblement de terre de Lisbonne, en 1755, on vit des flammes et une colonne de fumée sortir près de la ville, d'une crevasse qui s'était formée dans les roches d'Alsidras : plus les détonations souterraines devenaient fortes, plus cette fumée prenait d'intensité. Pendant le tremblement de terre de la Nouvelle-Grenade, du 16 novembre 1827, d'immenses effluves de gaz acide carbonique, qui sortaient des crevasses du sol, asphyxièrent une multitude d'animaux, tels que serpents et rats, qui vivent dans les cavernes.

Les eaux qui s'échappent ainsi du sol sont souvent mêlées de sable, et il se produit même des éruptions de sable sec qui déterminent dans le sol de petites ouvertures circulaires, comme nous en verrons des exemples en parlant des tremblements de terre de la Calabre.

Les dégagements de gaz sont difficiles à reconnaître sur la terre, car les gaz se dissipent dans l'atmosphère, sans que rien

puisse trahir leur passage ou leur présence. Ce dégagement n'est bien appréciable que lorsqu'il s'opère sous une couche liquide. Quelquefois, pendant les tremblements de terre, la mer bouillonne, et d'énormes bulles éclatent à sa surface : phénomène qui rend visible et manifeste l'émission souterraine de gaz. On a cru reconnaître une certaine coïncidence entre les dégagements de gaz qui s'élèvent du fond du lac de Genève et certains tremblements de terre qui se sont fait sentir dans la chaîne des Alpes.

• Les récits des tremblements de terre observés dans tous les pays et consignés dans les annales de tous les peuples mettent sous nos yeux des traits épars du tableau d'ensemble que nous venons de tracer. Partout on nous parle de crevasses et de fractures du sol, de gouffres subitement formés, et dans lesquels s'engloutissent les parties superficielles du terrain, entraînant des groupes entiers de maisons. Partout on dit qu'à travers ces crevasses du sol se sont fait jour des masses énormes d'eau liquide ou en vapeur, quelquefois même des flammes, qui ne sont d'ailleurs autre chose que des gaz-combustibles brûlant par l'oxygène de l'air. Tantôt ce sont des plaines au milieu desquelles s'élèvent subitement des collines, ou bien des bas-fonds qui surgissent au milieu des mers. Tantôt ce sont des montagnes qui se renversent de fond en comble, des terrains montueux aplanis, remplacés par des lacs. Des rivières disparaissent dans un gouffre ou dans des conduits souterrains subitement formés, et des lacs se dessèchent en renversant leurs digues naturelles. Par contre, d'abondantes sources jaillissent quelquefois dans les lieux jadis les plus secs, tandis que d'anciennes sources tarissent, ou que des eaux thermales sont refroidies.

Les effets si variés des tremblements de terre tendent à donner toute probabilité à certains événements consignés par les anciens dans leurs annales. Qui oserait aujourd'hui donner un démenti à Pline le naturaliste nous racontant que la Sicile, d'après les anciens historiens, fut séparée de l'Italie par un tremblement de terre? Cet événement n'a-t-il pas, au contraire, en sa faveur une grande probabilité? Qui pourrait contredire le même auteur, quand il ajoute que l'île de Chypre fut séparée

de la Syrie pour la même cause, et l'île d'Eubée (Négrepont) de la Béotie, etc. ? Pourrait-on positivement nier l'existence de la fameuse Atlantide disparue sous les eaux, selon les traditions égyptiennes, quand nous aurons à citer des faits contemporains entièrement analogues ? Ce qui se passe aujourd'hui sous nos yeux explique ce qui a pu se produire en des temps reculés.

Les relations contenues dans les ouvrages modernes ne font que reproduire les mêmes catastrophes dont l'antiquité nous a transmis le récit, et que les poètes, ainsi que les chroniqueurs, ont célébrées. Si le vieil Homère, circonstance assez étrange, reste muet sur les tremblements de terre et les volcans, bien que des feux souterrains aient ravagé, de son temps, l'Asie Mineure et la Grèce, Virgile décrit longuement les paroxysmes de l'Etna. Ovide, Lucrèce, Lucain, Sénèque, Ammien Marcellin et tous les chroniqueurs nous racontent des événements qui sont la fidèle image et comme l'anticipation exacte des événements de nos jours. Lucain remarque que les tremblements de terre ont achevé de renverser les antiques colonnes de Palmyre et de Balbek, que le temps et la fureur des hommes avaient épargnées :

*Etiam periére ruinæ.*

« Les ruines mêmes ont péri. »

Il est certain qu'aucune force destructive n'a plus de terrible puissance et ne peut faire périr autant d'hommes à la fois, dans un espace de temps aussi court, qu'un tremblement de terre. Les villes de la Syrie et les îles grecques furent presque anéanties avec leurs habitants dans les premiers siècles de notre ère. Sous Tibère et sous Justin, vers les années 19 et 526 avant Jésus-Christ, il périt dans l'Asie Mineure et la Syrie près de 200 000 personnes. Les chroniqueurs du moyen âge mentionnent des catastrophes tout aussi terribles dans les siècles suivants. 60 000 hommes périrent dans le tremblement de terre de la Sicile de 1693 ; et moins d'un siècle après, en 1783, 80 000 personnes succombaient presque dans les mêmes lieux. Le tremblement de terre de 1755, qui détruisit Lisbonne et ébranla les côtes d'Espagne et le nord de l'Afrique, fit 60 000 victimes ; 40 000 périrent en Amérique, en 1797, dans le trem-

blement de terre de Rio-Bamba. Il serait facile d'étendre de beaucoup la liste de ces funérailles.

Le lecteur ne sera donc pas surpris si nous ajoutons que rien n'épouvante l'homme, rien ne remplit son âme d'autant d'anxiété, de terreur et d'angoisses que le phénomène naturel dont nous venons d'esquisser le tableau. De Humboldt a parfaitement expliqué l'impression profonde, l'effet tout particulier que produit sur l'homme un tremblement de terre :

« Cette impression, dit l'illustre savant, ne provient pas, à mon avis, de ce que les images des catastrophes dont l'histoire a conservé le souvenir s'offrent alors en foule à notre imagination. Ce qui nous saisit, c'est que nous perdons tout à coup notre confiance innée dans la stabilité du sol. Dès notre enfance, nous étions habitués au contraste de la mobilité de l'eau avec l'immobilité de la terre. Tous les témoignages de nos sens avaient fortifié notre sécurité. Le sol vient-il à trembler, ce moment suffit pour détruire l'expérience de toute la vie. C'est une puissance inconnue qui se révèle tout à coup, le calme de la nature n'étant qu'une illusion, et nous nous sentons rejetés violemment dans un chaos de forces destructives. Alors chaque bruit, chaque souffle d'air excite l'attention ; on se défie surtout du sol sur lequel on marche. Les animaux, principalement les pores et les chiens, éprouvent cette angoisse : les crocodiles de l'Orénoque, d'ordinaire aussi muets que nos petits lézards, fuient le lit ébranlé du fleuve et courent en mugissant vers la forêt<sup>1</sup>. »

Nulle catastrophe, en effet, n'imprime à l'âme humaine autant de justes terreurs. Quand on dit que 30 000 ou 40 000 personnes ont péri dans un tremblement de terre, cette simple mention ne peut donner une idée exacte des malheurs directement et consécutivement provoqués par cette catastrophe<sup>2</sup>.

1. *Cosmos*, tome I, page 243.

2. Sénèque a tracé une comparaison pleine de vérité entre les dangers des tremblements de terre et ceux dont nous menacent les autres fléaux :

« A tempestate nos vindicant portus; nimborum vim effusam et sine fine cadentes aquas tectus propellunt; fugientes non sequitur incendium; adversus tonitrua et minas cœli, subterraneæ domus et defossi in altum specus, remedia sunt. In pestilentia mutare sedes licet. Nullum malum sine effugio est. Hoc malum latissime patet, inevitabile, avidum, publice noxium. Non enim domos solum, aut familias, aut urbes singulas haurit, sed gentes totas regionesque subvertit. » (*Quæst. nat.*)

« Les ports nous abritent contre les tempêtes; les toits nous défendent de la violence des orages et des pluies continuelles; l'incendie ne poursuit pas les fugitifs; les caves et les cavernes profondément creusées sont un refuge contre le tonnerre et les traits du ciel; contre la peste on change de résidence. Aucun danger n'est sans remède. Mais le fléau du tremblement de terre s'étend au loin, inévitable, inexorable, calamité universelle. Non-seulement, en effet, il engloutit



Ceux qui ont échappé à un tel désastre peuvent seuls nous apprendre sous quelles formes terribles et diverses la mort s'est offerte à leurs regards ; eux seuls peuvent nous dire quelles affreuses tortures ont dû éprouver les victimes humaines ensevelies vivantes, qui meurent de rage, de désespoir ou de faim, et dont on entend jusqu'à l'agonie les plaines déchirantes, sans pouvoir leur porter secours, faute d'instruments ou de bras. C'est aux témoins oculaires à peindre la situation des malheureux qui, blessés, à demi morts, ont miraculeusement échappé au désastre, mais qui sont exposés à mourir de faim et de froid, car ils manquent de pain, de vivres et de vêtements, parce que tout gît sous des décombres amoncelés. C'est à eux qu'il appartient de parler des fortunes détruites en un clin d'œil, du riche réduit à la mendicité, des familles entières privées de leurs biens, comme aussi des États à demi ruinés par ces pertes immenses, des progrès de la civilisation et du bien-être national retardés par des catastrophes qui renversent les villes, détruisent les ports, bouleversent les cultures, rendent les chemins impraticables, transforment en lacs de fertiles vallées ou les remplissent des décombres amoncelés des collines environnantes.

Il ne faut donc pas être surpris d'entendre dire que l'homme qui a été témoin d'un tremblement de terre est celui qui en appréhende le plus le retour. C'est que rien n'est imaginaire dans une telle crainte : on se sent entre les mains d'une puissance supérieure à tout. Le premier choc est souvent le plus terrible : c'est en deux ou trois secondes que ces ruches à hommes qu'on appelle des villes s'écroulent tout d'une pièce. Et rien ne peut annoncer à l'avance l'imminence du péril : le calme de la nuit, la tranquillité du jour ne peuvent rassurer contre cette horrible éventualité ; nulle précaution humaine ne saurait en garantir. Quand une fois la secousse est produite, il n'est ni prudence, ni courage, ni adresse qui puissent assurer une vie. On s'élançait hors des rues, on fuit vers les grandes places ou dans la campagne, pour éviter la chute des débris, et la terre s'entr'ouvre, pour vous engloutir dans une

des maisons, des familles ou des villes isolées, il bouleverse jusqu'à des nations et des contrées entières. »

fente subitement formée. Se défiant de la terre, on se réfugie sur les eaux, on monte dans une barque ou dans un navire, et le fond de la mer peut subitement disparaître dans une crevasse, ou le remous des flots lancer et écraser contre le rivage cet asile trompeur !

Ainsi, dans un tremblement de terre, un juste et insurmontable sentiment de crainte doit s'ajouter à toutes les autres causes néfastes, et accroître ainsi le nombre des victimes. C'est ici que le conte oriental du derviche trouve sa triste justification. Un derviche des environs du Caire voit un fantôme se diriger vers la ville :

« Qui es-tu ? dit-il au fantôme.

— La peste.

— Où vas-tu ?

— Au Caire, pour y tuer quinze mille hommes.

— N'est-il aucun moyen de t'arrêter ?

— Non, c'est écrit !

— Va donc, mais n'en tue pas un seul de plus. »

Quelques jours après, le derviche rencontre le même fantôme sortant de la ville :

« Tu viens du Caire, dit le derviche ; qu'y as-tu fait ?

— J'y ai tué quinze mille hommes.

— Tu mens, car il en est mort trente mille !

— J'en ai tué quinze mille, répond le spectre ; les autres sont morts de peur. »

## VII

Le tremblement de terre de Lisbonne (1755). — Les tremblements de terre de la Calabre (1783).

Le 1<sup>er</sup> novembre 1755, à 10 heures moins un quart du matin, par le ciel le plus serein, le thermomètre marquant 18° centigrades, un bruit semblable à celui du tonnerre retentit inopinément sous Lisbonne. Ce bruit affreux fut suivi de trois secousses. La première fut peu sensible ; mais, une demi-minute après, le sol éprouva une oscillation qui dura 30 à 40 secondes, et qui fut si violente, que la plupart des maisons commencèrent à crouler. La poussière que soulevait la chute des maisons était si épaisse, que le soleil en fut totalement obscurci. Au bout de deux minutes, cette poussière commençait à tomber et à rendre assez de lumière pour que l'on pût s'envisager et se reconnaître, lorsqu'une troisième secousse vint de nouveau tout ébranler. Les maisons qui avaient résisté au premier choc tombèrent avec fracas, le ciel fut obscurci : ce fut l'image du chaos. Les oscillations de la terre, qui continuait de s'agiter, l'obscurité du jour, les gémissements des mourants et des blessés, les cris d'épouvante de ceux qui avaient échappé au désastre, et les hurlements des animaux, ajoutaient à l'horreur, à la confusion de la catastrophe. Après 10 à 12 minutes, les mouvements du sol s'arrêtèrent.

Quarante mille personnes au moins étaient ensevelies, mortes ou vivantes, sous les ruines. A la première secousse, la mer s'était retirée ; elle revint à la seconde, et s'élevant jusqu'à 15 mètres au-dessus de son niveau ordinaire, elle se précipita avec furie sur la ville renversée. Peu d'instants après, cet épouvantable flot se retira ; sans cela, la ville entière eût été submergée. Les montagnes d'Arrabida, d'Estrella, de Julio, de Marvan et de Cintra, qui sont au nombre des points les plus élevés du Portugal, furent violemment ébranlées ; quelques-



Fig. 82. Tremblement de terre de Lisbonne, le 1<sup>er</sup> novembre 1755.





unes s'ouvrirent à leur cime, qui fut fendue et brisée d'une manière étrange; des masses énormes de rochers s'en détachèrent et tombèrent dans les vallées : on vit même, dit-on, sortir de ces montagnes de la fumée et des flammes, sillonnées de traits de foudre.

Il faut renoncer à peindre le spectacle de cette ville anéantie, les cadavres amoncelés sous les ruines, et les mourants à demi ensevelis sous des montagnes de décombres. La consternation était si grande que les personnes les plus résolues n'osaient s'arrêter un moment pour écarter quelques pierres qui étouffaient à demi l'être qu'elles aimaient le plus, et que ce faible secours eût suffi à sauver : le sentiment de sa propre conservation survivait seul en ce moment funeste. Le moyen de salut paraissait être de gagner les places découvertes, et l'on s'y rendait en foule, ou de se diriger vers la campagne.

Ceux qui habitaient les étages supérieurs des maisons furent moins atteints que ceux qui purent s'élancer dans les rues par les portes. Les gens à pied furent plus maltraités que ceux qui passaient en équipage. Mais le nombre des morts ne fut nulle part aussi grand que sous les ruines des églises. Comme c'était un jour de grande fête et l'heure de la grand'messe, les églises et les couvents regorgeaient de monde; en outre, au moment de la première secousse, un grand nombre de personnes, obéissant à une piété instinctive, avaient couru s'y réfugier, et augmenter ainsi le nombre des fidèles qu'avait appelés dans le même lieu la fête religieuse du jour. Elles périrent toutes, écrasées par la chute des hauts clochers et par les pierres énormes des voûtes.

Environ deux heures après l'écroulement des maisons, l'incendie éclatait sur trois points de la ville; il était provoqué par les feux des cuisines, que le bouleversement avait rapprochés des matières combustibles de toute espèce. Pour comble de malheur, un vent très-fort, qui succéda au calme de la matinée, activa tellement l'incendie que l'embrasement devint général.

L'eau, la terre et le feu semblaient donc se réunir pour consommer la perte de cette cité malheureuse, qui éprouvait tous les ravages que peuvent produire les éléments conjurés. Du milieu des ruines, par toutes les issues des places ou des rues

restées debout, on voit sortir, comme des spectres, des hommes et des femmes, pâles, défigurés, à demi morts de terreur, qui courent vers la campagne, les uns emportant avec eux l'objet le plus cher de leur tendresse, les autres pouvant à peine se traîner eux-mêmes; presque tous appelant, d'une voix étranglée par le désespoir et la terreur, les êtres qu'ils aiment et qu'ils ne trouvent plus à leurs côtés. Un père, une mère, des enfants, des époux s'appellent et se cherchent inutilement. Les vieillards, les malades sont étouffés dans leur lit, ou consumés par les flammes; quelques-uns, égarés par le désespoir et ne se rendant compte de rien, se couchent sur la terre, comme pour lui demander un tombeau. Tous implorent la miséricorde d'un Dieu irrité.

Dès la première secousse, quelques personnes, croyant trouver sur les eaux un asile certain, avaient couru vers le port, pour se précipiter dans des barques ou des navires; mais la grande vague dont nous avons parlé lançait contre le rivage vaisseaux, barques et bateaux, qui s'écrasaient les uns contre les autres. Le flux et le reflux dura toute la nuit avec violence; il se faisait sentir plus fortement de cinq en cinq minutes.

Le long du port régnait un quai de marbre, construit tout récemment et à grands frais : une multitude de personnes s'y étaient réfugiées, espérant s'y trouver à l'abri de la chute des décombres. Mais le quai s'enfonça tout d'une pièce; il disparut sous l'eau, et l'on ne vit pas un seul cadavre des victimes venir flotter à la surface. Un grand nombre de bateaux et quelques petits bâtiments amarrés au quai et chargés de monde disparurent dans le même gouffre, et l'on n'en revit jamais aucun débris. Il faut admettre, pour expliquer cet événement extraordinaire, qu'une certaine étendue de terrain s'enfonça dans un abîme qui s'ouvrit subitement et se referma presque aussitôt. Ce fait a été attesté par un témoin oculaire échappé au désastre<sup>1</sup>.

Bien qu'universel, l'ébranlement du sol se fit sentir dans certains quartiers plus que dans d'autres. Toute l'ancienne ville, la *ville des Maures*, fut complètement renversée, et dans la ville

1. Lyell, *Principes de géologie*, traduction française, troisième partie, p. 379.

neuve environ soixante-dix des rues principales. Le tremblement et le feu détruisirent l'église patriarcale, dix-huit paroisses, presque tous les couvents, le bâtiment de l'Inquisition, et les plus beaux palais, tels que le palais du roi, qui tomba le premier, celui de Bragance, le Trésor, les hôtels des ducs de Cadaval, de Lafoens, etc., etc. On a fait monter à plusieurs millions sterling les pertes que le commerce anglais essuya

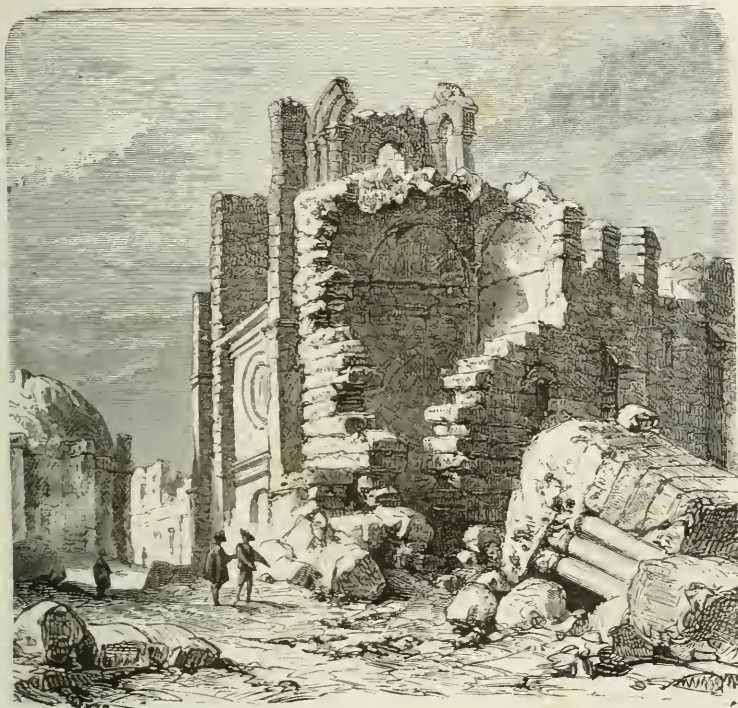


Fig. 83. Ruines de la cathédrale de Lisbonne.

dans ce désastre. Le chantier, toutes les douanes pleines de marchandises, les magasins publics du blé, furent consumés.

Le feu qui dévorait ces ruines dura quatre jours, et ne s'éteignit que faute d'aliments. Il évita peut-être le fléau d'une infection générale, en brûlant les quarante mille cadavres dont les émanations délétères auraient empesté l'air.

Les figures 83, 84, 85 et 86, empruntées à des gravures de l'époque, représentent les ruines de la cathédrale,



celles des églises Saint-Paul et Saint-Nicolas, et les ruines de l'Opéra.

Les habitants, errants autour de ces ruines, étaient menacés de mourir de faim, car toutes les provisions de grains étaient détruites, et les sacs de blé qui s'étaient conservés ne pouvaient servir à faire du pain, faute des instruments indispensables. Disons enfin qu'un grand nombre de scélérats, à qui cet événement avait ouvert les prisons, parcouraient ces ruines



Fig. 84. Ruines de l'église Saint-Paul.

fumantes, fouillant les décombres, forçant les maisons restées debout pour piller, voler et tuer.

Au moment du désastre, la cour ne se trouvait pas à Lisbonne; elle habitait le château de Belem, aux environs de la ville. Le château n'éprouva aucun accident, mais le roi jugea prudent de passer dans un carrosse la nuit du 1<sup>er</sup> au 2 novembre. Il demeura vingt-quatre heures sans aucun officier,

et presque sans nourriture. Le lendemain, il put se rendre dans la ville pour y organiser les premiers secours.

Le nombre des blessés était immense. Le roi les fit soigner sous ses yeux. La reine, les infantes et les dames de la cour travaillèrent de leurs mains à préparer du linge et à faire de la charpie. Dans les cuisines du palais resté en partie debout, on distribua des aliments à ceux qui en manquaient. On voyait



Fig. 85. Ruines de l'église Saint-Nicolas.

parmi ces infortunés, des personnes de qualité, opulentes la veille, et tombées en un clin d'œil dans le plus affreux dénûment. Dans les premiers jours de la catastrophe, une livre de pain se payait une once d'or. Tout le blé qui se trouvait aux environs de Lisbonne fut acheté pour le compte du gouvernement, qui le fit vendre à ceux qui pouvaient le payer, et distribuer gratuitement aux gens sans ressources.

Il fallait aussi songer à loger ce peuple nombreux qui n'avait

plus d'asile et qui n'osait chercher une retraite dans les maisons ébranlées. On construisit à la hâte des baraques de bois. On alla prendre des tentes militaires dans les arsenaux des places voisines, et on fit porter de la paille et du foin, pour les distribuer dans ces tentes, ainsi que dans des baraques, afin que les habitants ne fussent pas réduits à coucher sur le sol.

On put enfin songer à secourir quelques malheureux ensevelis

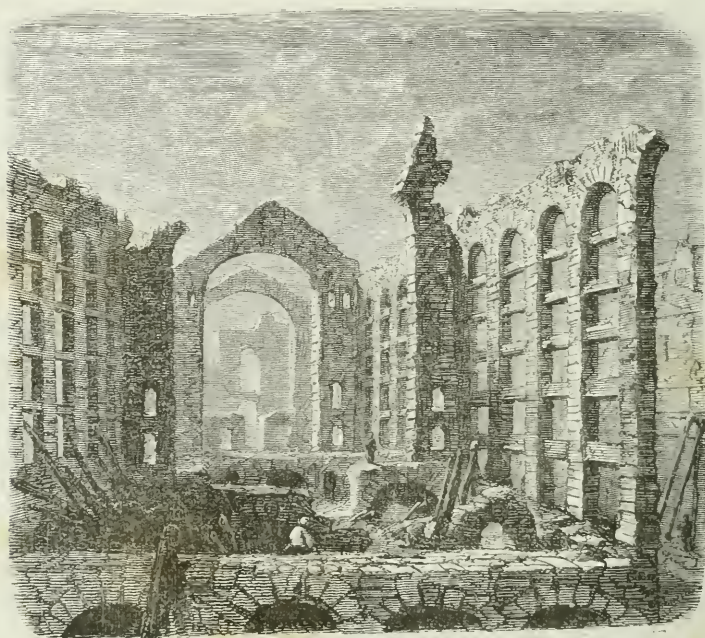


Fig. 86. Ruines de l'opéra.

sous les décombres. On réussit à sauver ainsi un assez grand nombre de personnes, qui, malgré plusieurs jours passés dans cette affreuse situation, revinrent à la vie. On évalue à quarante mille le nombre des personnes qui périrent sous le coup de l'événement, et à vingt mille celles qui succombèrent à leurs blessures ou aux effets du dénûment : ce qui donne un total de soixante mille victimes. Douze cents avaient péri dans l'hôpital général, huit cents dans la prison civile. Dans un grand nombre de couvents qui contenaient chacun quatre cents personnes, pas une n'échappa.



Cet affreux tremblement de terre fut suivi de plusieurs autres. Dans l'espace d'un mois, on sentit plus de trente secousses, dont quelques-unes furent très-violentes.

Au bout de quelques mois, quand on se crut certain de n'avoir plus à redouter le retour de cet épouvantable fléau, le gouvernement songea à rebâtir ou à réparer les maisons, les églises et les palais. Mais cette ville infortunée ne fut longtemps qu'un monceau de ruines, présentant seulement quelques passages ou chemins, que l'on avait pratiqués en relevant de chaque côté les décombres d'après l'ancienne direction des rues. Comme on n'osait plus bâtir d'édifices solides, les premières constructions ne furent que des baraques de bois. On les faisait préparer en Hollande; des bâtiments transportaient les différentes pièces, qu'on n'avait plus qu'à assembler et à consolider par un enduit de plâtre.

Au bout d'une dizaine d'années pourtant, la ville était entièrement rebâtie, et c'est aujourd'hui une des plus belles capitales de l'Europe. Depuis cette époque, elle n'a éprouvé aucun autre tremblement de terre.

Dans les considérations générales contenues dans le chapitre précédent, nous avons fait remarquer que le désastre de Lisbonne fut loin d'être un événement local, et que l'ébranlement du sol se propagea, au contraire, sur une immense étendue. Sans revenir sur ce qui a été dit à ce sujet, nous donnerons quelques détails sur les ébranlements les plus violents du sol à peu de distance de Lisbonne.

C'est en Espagne, en Portugal et dans la partie septentrionale de l'Afrique que se fit sentir avec le plus d'énergie la secousse du 1<sup>er</sup> novembre 1755, qui s'étendit dans presque toute l'Europe et alla jusqu'aux Antilles. Le port de Sétubal (Saint-Ubes), situé à sept lieues au sud de Lisbonne, fut entièrement envahi, toutes les maisons furent submergées.

A Alger et à Fez, l'agitation du sol fut terrible. Une oasis, composée de plusieurs villages et située à 8 lieues de Morocco, s'abîma tout entière avec ses habitants, dans un gouffre qui s'ouvrit et se referma bientôt après. Huit à dix mille Arabes furent ainsi engloutis avec tout leur bétail.

L'ondulation du sol, le long des côtes d'Espagne, provoqua la retraite de la mer, suivie presque immédiatement d'une



vague énorme qui atteignit, à Cadix, la hauteur de 18 mètres. Cette crue immense fit craindre un moment que Cadix n'éprouvât la fatale submersion du port de Sétubal. Les eaux emportèrent un long pan de murailles, qu'elles jetèrent dans l'intérieur de la ville, et pénétrèrent ainsi dans son enceinte. Heureusement elles étaient entrées par le côté le plus bas de la ville, et quelques maisons seulement furent inondées. Mais les désastres furent plus grands aux portes de Cadix. La grande vague, traversant avec impétuosité la langue de terre qui conduit de Cadix à l'Isle, enleva deux cents personnes qui passaient à pied ou en voiture; elles périrent toutes, à l'exception de deux ou trois, échappées par miracle.

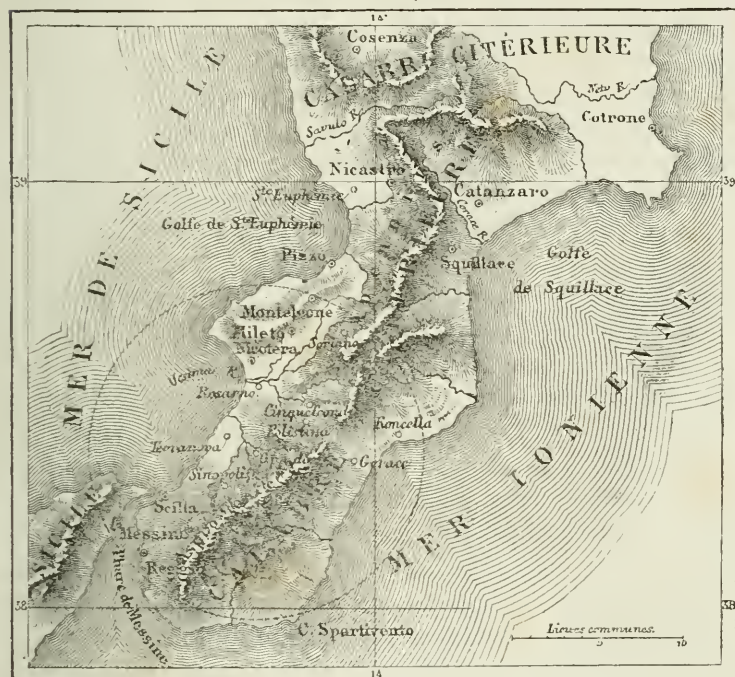
Parmi les victimes de cette inondation imprévue, se trouvait le petit-fils de Racine, fils de l'auteur du poëme de *la Religion*.

Le jeune héritier d'un si grand nom avait embrassé la carrière du commerce et habitait Cadix. Le 1<sup>er</sup> novembre 1755, il partit en chaise de poste, avec un jeune homme de ses amis, pour aller passer les jours de fête chez son associé, à l'Isle, à trois lieues de Cadix. Les deux jeunes gens étaient dans une chaise, qu'ils conduisaient eux-mêmes; le domestique était placé derrière eux. Ils se trouvaient au milieu de la route que bordent les deux mers, et se hâtaient, effrayés par la secousse qui, peu d'instants auparavant, venait d'ébranler Cadix, lorsque la mer, s'élevant tout d'un coup, vint s'abattre sur le chemin, couvrit et renversa la voiture. Le domestique, emporté par le flot, put se retenir aux branches d'une haie et laisser passer la vague. Il vit les deux jeunes gens périr sous ses yeux, et rentra à Cadix pour annoncer ce malheur. Quand on accourut, le corps du jeune Racine était déjà dépouillé par des malfaiteurs. On ne retrouva que quelques jours après le corps de son ami. Racine fut enterré dans l'église principale de Cadix, au milieu d'un grand concours de ses compatriotes. Il n'était âgé que de vingt et un ans.

La Calabre est cette contrée justement célèbre dans l'histoire ancienne, cette *Grande Grèce* où Pythagore, entouré de ses disciples, fit fleurir les sciences et les arts, et qui, plus tard, servant de champ de bataille à Spartacus, vit tomber, sous l'effort

de Crassus, l'insurrection des esclaves qui, l'an 71, menaça si gravement l'avenir de la République romaine.

La Calabre est trop peu distante du volcan de l'Etna pour n'avoir pas été exposée, dans tous les temps, à l'assaut des tremblements de terre. En 1693, d'affreuses secousses ravagèrent son territoire. D'après une médaille d'argent frappée en souvenir de cet événement, le nombre des victimes de ce désastre n'aurait pas été de moins de cent mille.



Pressé par A. Vautherin

Fig. 87. Carte de la Calabre

Les tremblements de terre qui, moins d'un siècle après, en 1783, ébranlèrent la Calabre et la partie orientale de la Sicile, occasionnèrent des désastres presque tout aussi grands, puisque sur 365 ou 375 villes ou villages contenus dans la *Calabre ultérieure*, 320 furent entièrement ruinés et les autres plus ou moins endommagés<sup>1</sup>.

1. Description historique et géographique de la ville de Messine, et détails mé-

L'espace bouleversé par le tremblement de terre embrassa environ soixante lieues carrées. Il eut pour théâtre la région située entre le 38° et le 39° degré de latitude.

Si, prenant pour centre la ville d'Oppido, dans la Calabre ultérieure, on trace autour de ce centre un cercle de 32 kilomètres de rayon (fig. 87), cet espace comprendra la surface du pays où toutes les villes et villages furent détruits. La secousse du 5 février 1783 renversa en quelques minutes la plus grande partie des maisons, des villes et des villages compris entre les Apennins et Messine en Sicile, en révolutionnant tout le pays, changeant le niveau et produisant comme un froissement universel de la superficie du terrain. Un second tremblement de terre, arrivé le 28 mars, fut tout aussi violent que le premier; il ébranla et fit bondir la chaîne des Apennins, et s'il ne renversa ni villes ni villages, c'est qu'il n'y avait plus rien à renverser, les secousses du 5 février ayant mis presque tout à ras du sol.

Le tremblement de terre de la Calabre est le plus terrible et en même temps le plus facile à décrire de tous les événements de ce genre arrivés dans les temps modernes, parce que les lieux ont été visités avec soin par des savants et des géologues de mérite. Le naturaliste français Déodat de Dolomieu, qui voyageait en ce moment dans le midi de l'Italie, accourut en Calabre à la première nouvelle du désastre, et il a écrit une relation des phénomènes, accompagnée d'une excellente explication géologique. L'Académie de Naples envoya en Calabre une commission scientifique, qui s'attacha à décrire les modifications diverses occasionnées dans le sol, à compter et à mesurer les dépressions, les soulèvements, les fissures et les crevasses. L'ambassadeur d'Angleterre Hamilton, à qui l'on doit des descriptions du Vésuve restées célèbres, parcourut tout le pays, longeant les côtes sur un *speronare* et une felouque frétés dans ce but, et prenant pied de temps en temps, pour s'engager, non sans quelque péril, dans l'intérieur des terres, encore agitées par des convulsions. C'est avec ces éléments divers

*géologiques du désastre que cette ville vient d'éprouver (le 5 février 1783) par le tremblement de terre, avec des notes curieuses et intéressantes sur la Calabre ultérieure, la Sicile et les îles de Lipari, brochure in-4°, de 25 pages. Paris, 1783, p. 18.*

que nous pourrons donner un tableau des principaux effets de ce triste et grand phénomène.

Plus de trois cents villes et villages furent renversés, avon-nous dit, dans la Calabre ultérieure et la Sicile par le tremblement de terre du 5 février 1783. Ne pouvant entrer ici dans de longs détails, nous jetterons un coup d'œil rapide sur les effets les plus remarquables que l'ébranlement produisit dans un certain nombre de ces localités.

Cet événement désastreux arriva le 5 février, à midi et demi. La secousse ne dura que deux minutes; ce court espace de temps suffit pour tout renverser et tout détruire dans la Calabre. Le sol s'agitait dans tous les sens; il ondulait comme les vagues de la mer, à tel point que quelques personnes éprouvèrent comme les effets du tangage. Dolomieu, dont le témoignage réfléchi mérite toute croyance, assure, d'après des témoins oculaires, que les cimes des arbres venaient toucher le sol. Il y avait en même temps de violents mouvements verticaux, des projections de haut en bas. Enfin la terre semblait tournoyer.

« Je ne puis mieux rendre compte de ces effets, dit Dolomieu, qu'en supposant sur une table plusieurs cubes formés de sable humecté et tassé avec la main, placés à peu de distance les uns des autres. Alors, en frappant à coups redoublés sous la table et la secouant en même temps horizontalement et avec violence par un de ses angles, on aura une idée des mouvements violents et différents dont la terre fut pour lors agitée. »

Rien de ce qui était édifié à la surface de la terre ne pouvait résister à des mouvements si compliqués. Les villes, les bourgs, les maisons isolées dans la campagne, tout fut rasé dans le même instant. Les fondements des maisons semblaient vomis par la terre. Les pierres étaient broyées, triturées avec violence les unes contre les autres.

Dans la description rapide que nous allons donner, nous arrêterons d'abord nos regards sur Messine. Deux minutes suffirent pour faire un monceau de ruines de cette brillante capitale de la Sicile, siège et centre du commerce de toute l'Italie méridionale. Nous n'entreprendrons pas de dépeindre ce moment terrible, ni d'exprimer la terreur et l'épouvante des habitants auxquels le fracas de la chute des édifices et la poussière ne



permettaient de rien voir, de rien entendre, ni même de réfléchir.

Les dommages causés par le tremblement de terre auraient été beaucoup moindres à Messine, qui ne fut point, après tout, la ville la plus maltraitée, sans l'incendie qui suivit la chute des maisons, et qui fut provoqué par le feu des cheminées, allumées partout à l'heure du repas. Les magasins d'huile, si nombreux dans les entrepôts de Messine, contribuèrent beaucoup à alimenter le feu. Nous donnerons un tableau sommaire du désastre de la capitale de la Sicile en rapportant la relation qui fut adressée le 8 février, au roi de Naples, par le sénat de la ville de Messine. Voici cette pièce, qui mérite d'être conservée :

« Sire, la situation affreuse où se trouve Messine par les effets du tremblement de terre qui a commencé le 5 du mois, à midi et demi, et qui dure encore, a fait croire au sénat que vous lui pardonneriez de vous adresser directement la relation de ce désastre, au lieu de la faire passer, suivant l'usage, à Votre Majesté par les mains de S. Ex. le vice-roi. Nous ne doutons point que le cœur sensible de Votre Majesté n'éprouve la douleur la plus profonde au spectacle déchirant d'une cité superbe, transformée tout à coup en un monceau de ruines par un événement terrible, et jusqu'à présent sans exemple. Les secousses de la terre, qui se sont succédé de quart d'heure en quart d'heure avec une violence inconcevable, ont renversé de fond en comble tous les édifices quelconques. Le palais royal, celui de l'archevêque, le théâtre maritime dans son entier, les monts-de-piété, le grand hôpital, la cathédrale, les monastères des deux sexes, rien n'a échappé à la destruction. C'est alors qu'on a vu les religieuses éperdues, parcourir la ville pour y chercher, s'il était possible, un lieu de refuge et de sûreté, avec le petit nombre de personnes échappées comme elles, par miracle, à ce renversement. Ce spectacle est affreux sans doute, mais il en est encore un plus terrible : c'est celui de la plus grande partie des citoyens morts et mourants, ensevelis sous les ruines de leurs habitations, sans qu'il soit possible de retirer de ces décombres les malheureux qui respirent encore, faute d'ouvriers pour donner du secours dans des circonstances semblables. Les hurlements, les cris, les gémissements, les soupirs, tous les accents de la douleur se font entendre partout, et l'impuissance de dérober à la mort ces déplorables victimes rend encore plus déchirante l'expression du désespoir qui réclame en vain l'assistance de l'humanité. Un nouveau fléau se joint à toutes ces calamités et en augmente l'horreur. Des ruines des édifices renversés on voit tout à coup s'élever un incendie. Malheureusement, le premier tremblement ayant commencé vers l'heure du dîner, le feu alors allumé dans les cuisines s'était communiqué aux différentes matières combustibles qui se trouvaient dans les débris des maisons écroulées. Le lieutenant du roi se rendit aussitôt



Fig. 88. Tremblement de terre de Messine en 1783.



sur les lieux avec sa troupe; mais le manque absolu d'ouvriers et d'instruments nécessaires rendit tous les secours inutiles, et il fut impossible, non-seulement d'éteindre l'incendie, mais même de s'opposer au progrès des flammes, qui continuent de dévorer les tristes débris d'une ville jadis la gloire de ses souverains et la plus florissante du royaume. A tant de désastres réunis à la fois, il en faut ajouter mille autres dont l'horreur est au-dessus de toute description. Les magasins où était le blé s'étant écroulés, le pain, cet aliment de première nécessité, manqua.

Le sénat s'efforça aussitôt de remédier à ce malheur, en retenant dans le port des bâtiments qui étaient chargés de cette denrée; mais comment eût-il été possible de faire du pain, puisque les boutiques et les ustensiles propres étaient ensevelis sous les ruines, et que les boulangers avaient péri ou pris la fuite? Le cours des eaux ayant été détourné, les fontaines publiques étaient taries, et les moulins ne pouvaient plus moudre les grains. Ce surcroît de désastres a presque réduit au désespoir les habitants qui ont survécu; ils demandent à hauts cris du pain pour se sustenter. Les uns pleurent leurs biens, leurs effets; les autres leurs parents. Malgré le zèle et l'activité que les magistrats ont fait paraître pour empêcher les vols, il s'est encore trouvé des gens sans humanité et sans religion, qui, ne redoutant point cette colère divine que tout retraçait à leurs yeux, ont pillé non-seulement les maisons des particuliers, mais aussi les édifices publics et les monts-de-piété. Il n'y a donc que la puissante protection de Votre Majesté qui puisse remédier à tant de malheurs qui se sont succédé si rapidement, et donner une nouvelle existence à cette ville, qui est en état d'être rétablie. Le sénat supplie Votre Majesté de faire passer promptement les secours nécessaires d'hommes et d'argent, afin qu'on puisse rendre praticables les chemins qui sont couverts de ruines et de cadavres. Le sénat supplie également Votre Majesté d'envoyer en cette ville des vivres de toutes espèces, pour la subsistance des habitants dispersés dans les plaines, et qui, faute d'aliments, seraient réduits à prendre la fuite au détriment considérable de votre trésor royal <sup>1</sup>.

Passons en revue les principales localités de la Calabre qui reçurent, en même temps que Messine, ces épouvantables assauts, en nous attachant spécialement à signaler les modifications physiques survenues dans la surface et la continuité du sol.

Le bourg de Rosarno, situé sur une colline sablonneuse, à peu de distance du fleuve Metramo, fut presque entièrement rasé. Le château du prince, les églises et les maisons ne firent qu'un monceau de ruines. Le Metramo suspendit un moment son cours.

1. Nouveaux détails historiques et météorologiques des tremblements de terre arrivés depuis le 5 février 1783, dans la Sicile et la Calabre ultérieure, etc.; avec une idée générale de la ville de Messine, de son administration, de son commerce et de ce qui s'y voyait de plus remarquable avant sa destruction; suivis d'une description curieuse et historique de l'ETNA ou MONT GIBEL et du VÉSUVÉ.



Un phénomène étrange, qui se produisit dans plusieurs parties de la Calabre, se manifesta surtout, d'après le rapport de l'Académie de Naples, autour du bourg de Rosarno. Dans toute

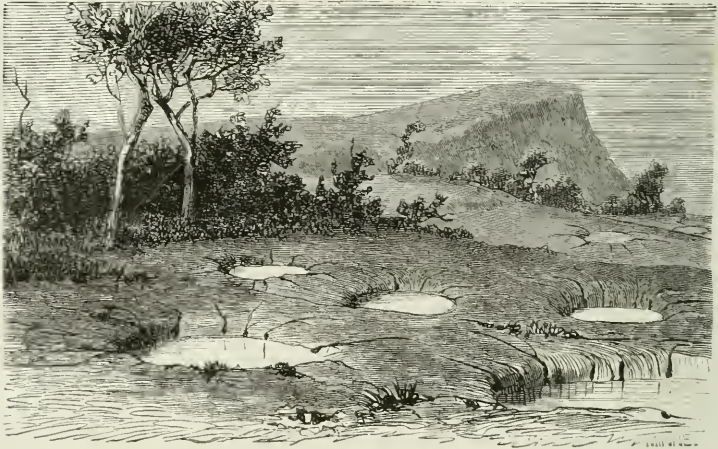


Fig. 89. Cavités circulaires produites à Rosarno.

cette plaine s'ouvrirent des cavités circulaires (fig. 89, 90) à peu près de la grandeur d'une roue de voiture. Ces cavités, sembla-

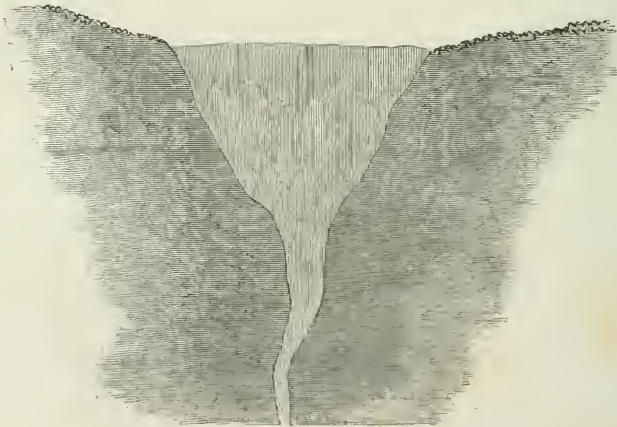


Fig. 90. Coupe intérieure d'une cavité circulaire.

bles à des puits, étaient pleines d'eau jusqu'à 3 à 6 mètres de leur surface; mais le plus souvent elles étaient remplies de sable sec. Plus tard, quand on creusa autour de ces cavités, on

reconnut qu'elles avaient la forme d'un entonnoir. La partie supérieure évasée aboutissait à un canal par où l'eau avait jailli.

La ville de Polistena, assez grande, riche et peuplée, bâtie sur deux coteaux séparés par une rivière, fut entièrement rasée. Pas une maison, pas un pan de mur ne restèrent debout. Le sol manqua sur le bord de la rivière, entraînant les maisons; la moitié des habitants de la ville périrent sous les ruines, le reste s'empressa de se réfugier sous les baraques de bois construites autour des murs de la ville. Dolomieu décrit ainsi l'impression douloureuse qu'il ressentit à la vue des ruines de Polistena :

« J'avais vu, dit le géologue français. Messine et Reggio; j'avais gémé sur le sort de ces deux villes; je n'y avais pas trouvé une maison qui fût habitable et qui n'eût besoin d'être reprise par les fondements; mais enfin le squelette de ces deux villes subsiste encore : la plupart des murs sont en l'air. On voit ce que ces villes ont été. Messine présente encore à une certaine distance une image imparfaite de son ancienne splendeur. Chacun reconnaît sa maison ou le sol sur lequel elle reposait. J'avais vu Tropea et Nicotera, dans lesquelles il y a peu de maisons qui n'aient reçu de très-grands dommages, et dont plusieurs même se sont entièrement écroulées. Mon imagination n'allait pas au delà des malheurs de ces villes. Mais lorsque, placé sur une hauteur, je vis les ruines de Polistena, la première ville de la plaine qui se présenta à moi; lorsque je contemplai des monceaux de pierres qui n'ont plus aucune forme et qui ne peuvent pas même donner l'idée de ce qu'était la ville; lorsque je vis que rien n'était échappé à la destruction et que tout avait été mis au niveau du sol, j'éprouvai un sentiment de terreur, de pitié, d'effroi, qui suspendit pendant quelques moments toutes mes facultés. Ce spectacle n'était cependant que le prélude de celui qui allait se présenter à moi dans le reste de mon voyage. »

Les fissures qui se produisent souvent dans le sol, au moment d'un tremblement de terre, ne furent nulle part plus nombreuses qu'autour de la ville de Polistena. La figure 91 représente une fissure profonde, qui resta béante après le tremblement de terre.

Comme exemple de fissure analogue produite dans le sol, nous représenterons ici une grande crevasse, en forme de croissant, qui se forma sur une longueur d'un demi-kilomètre, et avec une largeur de plus d'un mètre, dans la colline de Saint-Angelo, située près de Soriano, non loin de la petite rivière de Messima (fig. 92).

A Jerocarne, les fissures du sol présentèrent une disposition

singulière; elles s'étendirent dans tous les sens, comme les fentes d'un carreau de vitre cassé (fig. 93).

Cinque-Frondi, village situé à une demi-lieue de Polistena, fut rasé. Au milieu s'élevait une tour carrée, servant de château au seigneur. C'était un vieux monument qui remontait aux Sarrasins et paraissait offrir une solidité inébranlable, tant par la grande épaisseur des murs que par la nature du mortier qui avait lié le tout en une masse aussi solide qu'un rocher. Cette tour fut renversée, et en tombant, elle se brisa



Fig. 91. Fissure près de Polistena.

en plusieurs gros blocs qui étonnaient par leur volume et leur dureté : l'un de ces blocs contenait un escalier tout entier.

Casalnovò était un joli bourg situé au pied d'une montagne, dans une agréable plaine. Avec ses rues alignées, ses maisons basses, décorées chacune d'un arbre et d'un cep de vigne qui donnaient de l'ombrage et transformaient les rues en allées de jardin, son aspect était charmant. Dans l'appréhension d'un tremblement de terre, on avait, de longue date, pris toutes les précautions possibles : les maisons étaient très-basses et les rues très-larges. Tout fut renversé, tout fut mis au niveau du sol. La marquise de Gerace, riche et noble Calabraise, ré-



vérée dans toute l'Italie méridionale, fut écrasée, avec tous les siens, sous les ruines de sa villa. Tout le sol de la plaine



Fig. 92. Crevasse près de Soriano.

qui entoure Casalnovò s'affaissa; tous les terrains inclinés



Fig. 93. Fissure près de Jerocarne.

appuyés contre la montagne glissèrent plus bas, laissant, entre le terrain mouvant et a partie demeurée immobile, des fentes



larges de 1 mètre sur 15 à 16 kilomètres de longueur. En glissant de cette manière, des portions de terrain arrivèrent de la montagne dans la plaine, et vinrent couvrir des terrains plus éloignés. C'est ce que représente la figure 94.

De Casalnovato à Santa-Cristina, sur un espace de six lieues, le terrain fut si extraordinairement bouleversé, qu'on ne pouvait y faire un pas sans trouver des fentes dans le sol ou des éboulements produisant toute une suite de gorges, de ravins et de petites vallées.

Jamais ville n'a éprouvé de bouleversement plus complet



Fig. 94. Glissements de terrains à Casalnovato.

que la malheureuse Terranova; jamais destruction ne s'est accomplie avec des circonstances plus singulières et plus variées. Terranova était bâtie au-dessus de trois gorges profondes, à l'extrémité d'une plaine, dominée par une montagne. Cette position explique les circonstances de sa destruction. Dans le tremblement de terre du 5 février, une partie du sol de la ville s'ébranla, et, glissant sur la pente de l'une des trois gorges, entraîna les maisons qu'elle supportait; les débris de pierres et de charpentes, mêlés au terrain déplacé, comblèrent une partie de la vallée. Dans une autre partie de la ville, le sol

fut partagé dans toute sa hauteur par une fente perpendiculaire; une portion du terrain ainsi divisé se détacha, et tomba comme une masse dans la gorge qui s'ouvrait au-dessous. Les maisons furent précipitées perpendiculairement dans un gouffre de 100 mètres de profondeur, que leurs débris comblèrent en partie. Sur 2000 habitants de Terranova, 1400 furent écrasés ou enterrés sous les ruines. Ils ne périrent pas tous; car, en raison de la différence du poids, les matériaux tombant avant les hommes, ces derniers ne furent précipités que sur des débris; quelques-uns tombèrent sur leurs pieds, et purent aussitôt marcher sur ces monceaux de ruines; quelques autres, enterrés seulement jusqu'aux cuisses ou jusqu'à la poitrine, purent se dégager avec un peu de secours.

Telles sont les circonstances étranges de la ruine de Terranova, qui fut mise littéralement sens dessus dessous. Dans les trois vallées à demi comblées par le renversement du sol et les débris des matériaux placés par-dessus, tout était bouleversé; il était impossible de reconnaître la position d'aucune maison: ce qui était haut s'était abaissé, ce qui était bas semblait s'être élevé par suite de l'affaissement des parties environnantes. La maçonnerie d'un puits qui existait dans un couvent ressemblait, par suite de l'abaissement du sol, à une tour de 20 à 30 mètres de haut un peu inclinée.

Les éboulements de la ville et des coteaux fermant le passage aux eaux d'une petite rivière et à celles d'une source abondante qui coulait au fond de la gorge, formèrent deux lacs, dont les eaux stagnantes, chargées de cadavres et de débris organiques de toute espèce, répandirent l'infection dans tout le pays, et firent périr, par des fièvres putrides, le reste de la population échappée au désastre. Des éboulements considérables s'étaient produits dans tous les environs, sur le bord des vallées; toute la plaine située en avant de la ville était creusée de fentes et de crevasses; en certaines parties, il n'y avait pas un pouce de terrain que l'on pût regarder comme ferme et solide.

Le village de Moluquello, situé en face de Terranova et au même niveau, sur une petite plate-forme resserrée entre deux rivières qui coulaient entre les deux vallons, eut à peu près le sort de Terranova. Une partie de ce village tomba dans le val-

lon de droite, l'autre dans le vallon de gauche ; de sorte qu'il ne resta du sol où était situé Moluquello qu'une arête en dos d'âne, tellement étroite qu'on ne pouvait y marcher.

Oppido, ville considérable, était placée sur une montagne isolée, au sommet de pentes rapides et d'escarpements difficiles. La ville fut entièrement détruite par le tremblement de terre ; il ne resta pas debout un seul pan de mur. Cependant le terrain de la montagne ne s'éboula point : une espèce de citadelle ou château fort, qui dominait la vallée, tomba seul dans la gorge inférieure.

Si le sol de la montagne sur lequel est bâtie Oppido résista à la violence des secousses, il n'en fut pas de même des coteaux opposés. Il se fit là d'immenses éboulements ; la chute des terres et de portions considérables de coteaux remplit les vallées, et arrêtant l'écoulement des sources, forma des lacs à l'entour de la ville. Les mêmes effets se produisirent dans les autres vallées des environs d'Oppido.

Un vaste gouffre s'ouvrit sur la pente d'une colline voisine de cette ville ; cette immense cavité fut en partie comblée par une grande quantité de terres et un nombre considérable d'oliviers et de vignes, qui y furent précipités. Bien que comblé en partie, ce gouffre, que représente la figure 95, avait encore 60 mètres de profondeur sur 150 mètres de large.

A une lieue au-dessous d'Oppido était le petit village de Castellace, bâti au bord d'un escarpement, qui se détacha pour se précipiter dans le fond de la vallée ; les ruines de quelques maisons restées sur le haut de la montagne sont les seuls indices de sa position et de son existence. Le village de Corsoletto éprouva un sort presque semblable.

La ville de Santa-Cristina, située presque au pied de la grande montagne d'Aspromonte, et placée sur une élévation sablonneuse, escarpée, environnée de gorges et de vallées profondes, se trouva dans des circonstances presque pareilles à celles de Terranova, et éprouva le même genre de destruction : les maisons, avec une partie de la montagne, furent précipitées du haut en bas ; un grand nombre de fentes et de crevasses traversèrent le corps de la montagne dans toute son épaisseur, de manière à faire craindre que le reste ne s'abîmât encore ; toute la surface du terrain changea de forme. Le territoire de



Santa-Cristina, coupé également par un grand nombre de gorges et de vallées accompagnées d'escarpements, éprouva les mêmes accidents que celui d'Oppido.

Les territoires de Terranova, d'Oppido et de Santa-Cristina sont ceux où les tremblements de terre exercèrent leurs plus grands ravages et produisirent les effets les plus extraordinaires : ce qui fit croire que le foyer des secousses du 5 février était sous cette partie de la plaine.

Le fameux rocher de Scylla, situé le long de la côte du détroit de Messine, et si célèbre dans l'antiquité, fut le théâtre d'un grand désastre. D'énormes blocs, se détachant des hautes

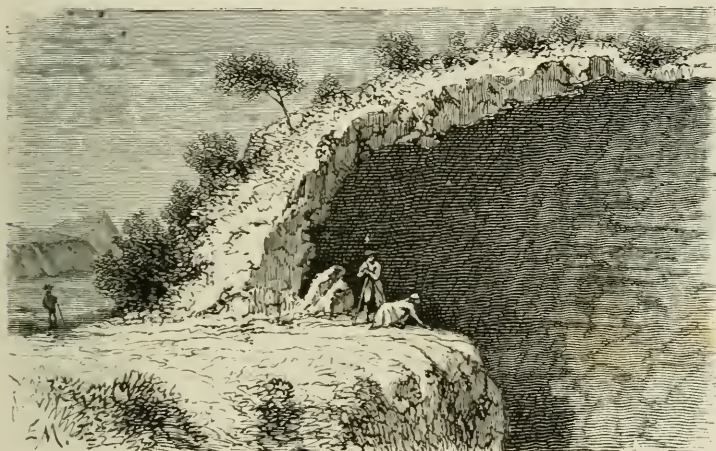


Fig. 95. Gouffre près d'Oppido.

falaises qui bordent ce rivage, engloutirent plusieurs villas et jardins.

Après la secousse du 5 février, arrivée vers une heure de l'après-midi, le prince de Scylla avait persuadé à une grande partie de ses vassaux de quitter le rivage, et de se réfugier sur des bateaux de pêche, pour éviter un nouveau désastre. Le prince s'était rendu lui-même dans un de ces bateaux. Vers minuit, pendant qu'une partie des habitants dormaient au fond des barques, une nouvelle secousse, ébranlant le sol, détacha une falaise de la montagne voisine. Immédiatement après, la mer s'élevant de 6 mètres, se précipita sur le rivage et emporta tout ce qui se trouvait devant elle. Elle se retira



ensuite, pour revenir bientôt avec plus de violence encore (fig. 96). Tous les bateaux coulèrent à fond ou furent brisés contre le rivage; plusieurs furent emportés dans l'intérieur des terres. Le vieux prince de Scylla périt avec 1430 Calabrais.

Nous n'étendrons pas plus loin cette triste nomenclature. Contentons-nous de dire que, dans un espace de dix lieues de long sur six de large compris entre le fleuve Metramo, la mer et les Apennins, il ne resta pas un seul édifice entier, il n'y eut pas un arpent de terre qui ne changeât de forme ou de position, ou ne souffrit des dommages considérables.

Après les secousses du 5 février, quelques autres plus fai-



Fig. 96. Désastre de Scylla.

bles furent ressenties. Le 28 mars, un tremblement épouvantable vint ébranler de nouveau la malheureuse Calabre. Le centre de ce dernier ébranlement était remonté vers le nord; il se trouvait dans les Apennins. La Calabre ultérieure et les provinces du royaume de Naples en eurent le contre-coup. Des deux côtés des Apennins, tout le territoire fut ébranlé. Ce tremblement de terre fut annoncé par un bruit souterrain semblable à un coup de tonnerre et qui se renouvelait à chaque secousse. Les mouvements du sol furent très-complicés; il y avait, comme au 5 février, des tournoisements et des ondulations du sol, interrompus par des soubresauts de haut en bas.

Nous ne donnerons pas la nomenclature de toutes les villes et bourgs qui furent renversés ou rendus inhabitables par ce nouvel ébranlement. Les effets destructeurs furent moindres d'ailleurs qu'au 5 février. Les villes qui souffrirent le plus, telles que Nicotera, Tropea, Monteleone, Squilace. Nicastro, Catanzaro, San-Severino et Cotrone, ne furent point totalement renversées. Les secousses du 28 mars augmentèrent les désordres de Messine, et accrurent les dommages de Reggio.

Les tremblements de terre continuèrent pendant toute l'année 1783. On en ressentit même plusieurs dans les mois de février et mars 1784. Mais aucune de ces dernières secousses ne peut être comparée à celles des 5 février et 28 mars.

Hamilton, l'ambassadeur anglais qui parcourut tous ces pays peu de temps après leurs désastres, évalue à environ quarante mille le nombre des personnes qui périrent par les tremblements de terre en Sicile et dans les deux Calabres; vingt mille autres succombèrent à la suite des fièvres contagieuses et des épidémies occasionnées par l'infection cadavérique, l'insuffisance des aliments et le défaut d'abri contre les intempéries de l'air.

Le plus grand nombre des victimes furent ensevelies sous les ruines des maisons et des édifices. Un certain nombre, surtout les paysans qui fuyaient à travers la campagne, furent engloutis dans les fissures qui s'ouvraient sous leurs pas. Il est probable que leurs squelettes sont encore enterrés à plusieurs centaines de mètres dans ces fissures refermées.

Beaucoup de personnes périrent consumées dans les incendies qui suivaient la chute des maisons. Ces incendies sévirent avec fureur dans les villes qui, comme Oppido, renfermaient d'immenses magasins d'huile,

Un grand nombre de victimes auraient pu être sauvées si les secours ne leur avaient manqué. Malheureusement, dans ces affreuses et subites calamités, chacun, occupé de ses propres malheurs ou de ceux de sa famille, songe bien rarement à porter des secours. D'ailleurs le petit nombre des survivants empêche de tenter des efforts efficaces. On cite quelques traits de dévouement inspirés par l'amour maternel, la tendresse conjugale ou l'amitié; mais, à côté de ces traits isolés de dévouement, de combien d'actes atroces l'humanité n'eut-elle pas alors à gémir!

Au moment du tremblement de terre de Messine, la marquise de Spadara, Française, fille d'un gentilhomme provençal, s'était évanouie, et avait été emportée par son mari, qui l'avait entraînée jusqu'au port. Ayant repris ses sens, elle s'aperçoit que son fils n'est point avec elle. Elle profite, pour s'échapper, d'un moment où son mari est trop occupé pour veiller sur elle; elle court à sa maison encore restée debout, et s'empare de son fils au berceau. Mais l'escalier croule au-devant de ses pas, et lui ferme la retraite. Elle fuit de chambre en chambre, toujours suivie par les éboulements successifs, et arrive sur le balcon, son dernier asile. Montrant son fils dans ses bras, elle implore les secours des rares témoins de cette triste scène. Mais dans ce désastre public il fallait peu compter sur la pitié d'autrui. L'incendie ne tarda pas à s'attacher aux ruines de la maison; la malheureuse marquise de Spadara tombe et périt dans les flammes, tenant encore dans ses bras l'objet de sa tendresse et la cause de sa mort.

Le bas peuple de la Calabre manifesta, au milieu des horreurs du tremblement de terre de Messine, une affreuse dépravation. Sur les murs chancelants, parmi les ruines fumantes, on voyait des hommes, bravant un imminent danger, fouler aux pieds des victimes à moitié ensevelies, qui réclamaient en vain leurs secours, pour aller fouiller de riches décombres, forcer et piller les maisons restées debout. Ils dépouillaient encore vivants des malheureux qui leur auraient donné les plus fortes récompenses s'ils avaient voulu les dégager. A Polistena, un homme de qualité avait été enterré, la tête en bas, sous les ruines de sa maison : on ne voyait que ses jambes, qui dépassaient en l'air. Son domestique accourut, mais ce fut pour lui enlever les boucles d'argent de ses souliers, et il se sauva aussitôt, sourd aux cris de son maître, qui parvint pourtant à se délivrer seul. La plupart des paysans de la Calabre qui se trouvaient en rase campagne le 5 février, se précipitèrent dans les villes encore fumantes de la poussière : « Ils y vinrent, dit Dolomieu, non pour y porter des secours, aucun sentiment d'humanité ne se fit entendre chez eux dans cette affreuse circonstance, mais pour y piller <sup>1</sup>. »

1. *Mémoires sur les tremblements de terre de la Calabre pendant l'année 1783*, par Déodat de Dolomieu, in-4°, p. 12.

Souvent le petit nombre de survivants ne permettait pas, avons-nous dit, de porter secours aux personnes ensevelies. Une mère échevelée, couverte de sang, un père à demi fou de douleur, entendaient partir de dessous terre les gémissements des êtres qui leur étaient chers ; ils reconnaissaient leurs voix, et, certains de la place exacte où ils se trouvaient enterrés, ils ne pouvaient pourtant leur venir en aide. Le manque de bras, la masse énorme de décombres qu'il aurait fallu déplacer, rendaient inutiles tous les efforts de ceux qui cherchaient à les délivrer, et qui se voyaient réduits à écouter avec désespoir les plaintes des victimes, et jusqu'aux gémissements de leur agonie. Ces cris souterrains se firent quelquefois entendre plusieurs jours de suite.

Dans la ville de Terranova, quatre moines de l'ordre de Saint-Augustin, qui s'étaient réfugiés dans la sacristie, n'avaient point péri, grâce à la voûte qui avait soutenu le poids des décombres. Mais comment leur aurait-on porté secours ? Sur plus de cent moines que renfermait le couvent, un seul avait pu se sauver, parce que sa vigueur extraordinaire lui avait permis de soulever la masse de débris qui avaient englouti ses compagnons. Errant, seul et désespéré, il entendit, pendant quatre jours, les cris des quatre malheureux enfermés sous la voûte de la sacristie ; leurs voix s'éteignirent peu à peu, et plus tard, quand toutes ces ruines furent déblayées, on retrouva leurs corps les bras entrelacés.

« J'ai parlé, dit Dolomieu, à un très-grand nombre de personnes qui ont été retirées des ruines dans les différentes villes que j'ai visitées ; elles m'ont toutes dit qu'elles croyaient que leurs maisons seules avaient été renversées, qu'elles ne pouvaient penser que la destruction fût aussi générale, et qu'elles ne concevaient pas comment on tardait autant à venir leur porter des secours. Une femme, dans le bourg de Cinque-Frondi, fut retrouvée vive le septième jour. Deux enfants qu'elle avait auprès d'elle y étaient morts de faim et étaient en putréfaction. L'un d'eux, appuyé sur la cuisse de sa mère, y avait occasionné une putréfaction semblable. Beaucoup d'autres personnes sont restées trois, quatre et cinq jours ensevelies ; je les ai vues, je leur ai parlé et je leur ai fait exprimer ce qu'elles pensaient dans ces affreux moments. De tous les maux physiques, celui dont elles souffraient le plus était la soif. Le premier besoin que témoignèrent aussi les animaux retirés du milieu des ruines, après un jeûne qui est allé quelquefois jusqu'à plus de cinquante jours, fut de boire ; ils ne pouvaient s'en rassasier. Plusieurs personnes, enterrées vives, supportèrent leur malheur avec une fermeté dont il n'y a



pas d'exemple. Je ne crois même pas que la nature humaine en soit capable, sans un engourdissement presque total dans les facultés intellectuelles. Une femme d'Oppido, âgée de dix-neuf ans, et jolie. était pour lors au terme de sa grossesse; elle resta plus de trente heures sous les ruines; elle en fut retirée par son mari, et accoucha peu d'heures après, aussi heureusement que si elle n'eût éprouvé aucun malheur. Je fus accueilli dans sa barque, et parmi beaucoup de questions, je lui demandai ce qu'elle pensait pour lors. « J'attendais, » me répondit-elle. »

Nous terminerons ce triste tableau par une remarque d'un autre ordre et qui a son intérêt. Le pressentiment des animaux à l'approche des tremblements de terre est un fait qui a été partout remarqué. Alors que rien n'annonce aux hommes l'imminence de ce phénomène subit, les animaux le signalent par leur agitation et leurs cris. Tous les animaux sans exception ont cet étrange pressentiment, mais on l'a plus particulièrement noté chez les oies, les canards et les animaux de basse-cour. « Pendant les tremblements de terre du 5 février, les hurlements des chiens étaient si forts, dit Dolomieu, qu'on ordonna de les tuer. » Les bœufs, les chevaux répandus dans la campagne manifestaient la même agitation. De Humboldt rapporte que, dans les tremblements de terre si fréquents dans l'Amérique méridionale, les bœufs et autres animaux domestiques tiennent leurs quatre jambes fortement écartées, comme s'ils espéraient diminuer ainsi le danger d'être précipités dans une crevasse qui viendrait subitement à s'ouvrir sous leurs pas. C'est ainsi que, dans les mêmes contrées, on recommande aux hommes, au moment des secousses d'un tremblement de terre, de tenir les bras écartés du corps en forme de croix. C'est là une précaution que l'expérience et la tradition ont enseignée à l'habitant du Nouveau-Monde. Mais qui a donné au bœuf, à l'oiseau de basse-cour, ce pressentiment extraordinaire? Bel argument à opposer, entre mille, à ceux qui ne craignent pas de refuser l'intelligence aux animaux.

## VIII

Les volcans. — Volcans centraux et volcans en séries.  
Volcans sous-marins.

L'apparition d'un volcan est liée, comme nous l'avons déjà dit, de la manière la plus intime au phénomène des tremblements de terre. A la suite de ces grands ébranlements du sol, il arrive souvent qu'une fissure verticale, ou plus ou moins sinueuse, s'établit dans l'épaisseur de l'écorce terrestre. Quand cette fissure reste permanente, elle établit une communication directe entre l'intérieur et la surface de la terre, et il se forme ainsi un *volcan actif*.

Nous étudierons surtout ici les volcans au point de vue géographique, c'est-à-dire que nous considérerons principalement leur distribution du globe.

Léopold de Buch, dans l'appendice de sa célèbre *Description des îles Canaries*, a établi que l'on peut ranger en deux classes tous les volcans de la surface de la terre : les *volcans centraux*, et les *chaînes volcaniques*, ou *volcans en séries*.

On appelle *volcan central*, celui qui ne peut se rattacher à d'autres volcans, et *chaînes volcaniques*, une suite de volcans qui se succèdent en série longitudinale dans une même direction, et dont les cratères forment comme des cheminées communiquant avec une même fente du globe.

On trouve quelquefois vingt ou trente volcans ainsi disposés en séries linéaires et se rattachant évidemment à une même fente.

Nous allons passer en revue ces deux groupes de volcans, c'est-à-dire les *volcans centraux* et les *volcans en séries*. Nous étudierons ensuite un troisième groupe qu'il nous paraît indispensable d'établir, c'est-à-dire les *volcans sous-marins*.

### VOLCANS CENTRAUX.

*Etna*. — Le mont Gibel, en Sicile (fig. 97), est le plus remarquable des volcans de l'Europe. Ses éruptions sont de toute an-

tiquité; les historiens et les poètes grecs et latins ont décrit longuement ses paroxysmes. On y a remarqué une période séculaire; ainsi, l'Etna a offert des éruptions en 1183, 1285,



Fig. 97. Eruption de l'Etna en 1771.

1381, 1682, 1781; ensuite, en l'an 56 avant J. C., et en 1444, 1643, 1744, 1844.

Une des plus célèbres éruptions de l'Etna est celle de 1669. Un tremblement de terre venait de renverser la ville de Nicolosi,





Fig. 98. L'Etna.





lorsque deux gouffres s'ouvrirent près de cette ville. Il en sortit une telle quantité de matières volcaniques que les monts Rossi prirent naissance par l'accumulation de ces matières.

On voit par la figure 98 que le mont Gibel n'offre pas cette apparence conique qui se remarque dans beaucoup de volcans. L'Etna s'étend, en effet, sur une circonférence de près de trente lieues; sa pente s'élève tout à fait insensiblement des ondulations de la plaine. Aussi voit-on se succéder sur ses flancs les différentes régions botaniques.

Aux assises inférieures de la montagne est une zone de jardins magnifiques; plus haut, vient une zone de forêts; enfin, apparaît la région des roches nues. Le sommet de l'Etna est situé à 3315 mètres; il dépasse la limite des neiges perpétuelles : aussi est-il presque toujours couvert de neiges ou perdu dans les nues.

L'aspect du cratère de l'Etna est d'un effet saisissant. Il n'est pas impossible d'arriver jusqu'au bord même de ce cratère et de plonger ses regards dans ses profondeurs. Un mélange de scories noirâtres, de fragments de lave, de basalte et de soufre jaunâtre s'offre alors à la vue : la lave bouillonne au fond de ces conduits ténébreux. En 1834, M. Élie de Beaumont, accompagné de Léopold de Buch et de quelques autres savants, visita un petit cratère actif qui forme le point culminant de la montagne.

« Ce fut pour nous tous un moment de surprise assez difficile à dépeindre, dit M. Élie de Beaumont, quand nous nous trouvâmes à l'improviste non au bord du grand cratère, mais au bord d'un gouffre presque circulaire d'environ 80 à 100 mètres de diamètre, qui ne touche au grand cratère que par une petite partie de sa circonférence. Nos regards plongeaient avidement dans cet entonnoir presque cylindrique, mais c'était en vain qu'ils y cherchaient le secret de la volcanicité ! Les assises à peu près horizontales qui se dessinaient dans les escarpements presque verticaux ne nous révélaient que la structure du cône supérieur. En cherchant à les compter les unes au-dessous des autres, on les voyait se perdre peu à peu dans l'obscurité complète du fond; aucun bruit ne sortait de ce fond ténébreux; il ne s'en exhalait que des vapeurs blanchâtres, légèrement sulfureuses, formées principalement de vapeur d'eau. L'aspect lugubre de ce gouffre noir et silencieux, dans lequel nos regards se perdaient; ses flancs obscurs et humides, le long desquels serpentaient, d'une manière languissante et monotone, de longs flocons de vapeur d'une teinte grise et mélancolique; le grand cratère aque!

se rattache le gouffre étroit, et dans lequel l'entassement confus de matières diversement colorées en jaune, en gris, en rouge, semblait l'image du chaos, tout présentait autour de nous un aspect funèbre et sépulcral. Le froid du matin, secondé par un vent léger du nord-est, augmentait encore pour nous cette impression triste et sauvage. »

Du sommet de l'Etna, on voit avec admiration se dérouler, étagés selon les hauteurs, tous les produits de la flore européenne. On aperçoit nettement la région des neiges, la région boisée et la zone cultivée, qui surmonte l'immense tapis des verdoyantes plaines de la Sicile.

*Vésuve.* — Le Vésuve est, pour l'Européen, le volcan classique. Son origine est moins ancienne que celle de l'Etna, mais ses



Fig. 99. La Somma avant le premier siècle.

éruptions sont plus fréquentes ; elles ne sont pas séparées par un intervalle de plus de cinq ou six ans.

Ce qui prouve le peu d'ancienneté du Vésuve, c'est que les écrits des anciens naturalistes romains n'en font aucune mention.

Jusqu'au premier siècle de notre ère, on ne connaissait que la montagne à laquelle on donnait le nom de *Somma* (fig. 99), dont la cime était couverte de bosquets, de buissons et de petits lacs. On sait par la description que Strabon en a donnée, que la Somma était cultivée sur toute sa hauteur, à cause de sa fer

tilité. Rien n'avait fait présager l'éruption effroyable qui, au premier siècle de notre ère, bouleversa la Somma, jeta dans la mer la plus grande partie de la montagne, et fit naître dans la concavité résultant de sa chute le cône volcanique qui prit le nom de Vésuve (fig. 100).

Tout le monde sait que, pendant l'éruption de l'an 79, qui coûta la vie au naturaliste Pline, les villes d'Herculanum et de Pompéi furent ensevelies sous une immense quantité de matières pulvérulentes, lancées par le nouveau cratère.

Pompéi fut ensevelie sous des matières assez meubles; Herculanum fut couvert d'une espèce de tuf, ou boue épaisse, qui l'enterre aujourd'hui sous une couche dure et compacte.



Fig. 100. Le Vésuve après l'éruption de l'an 79.

Pompéi a pu être de nos jours déblayée en grande partie. Les fouilles, qui sont poussées avec beaucoup plus d'activité depuis quelques années, grâce à la sollicitude du nouveau gouvernement d'Italie, ont fini par mettre au jour la ville presque entière.

La figure 101 donne un spécimen exact de l'état actuel de Pompéi. Cette figure représente, d'après une photographie, une rue de cette ville.

La figure 102, dessinée également d'après une photographie, représente ce que l'on nomme *la rue des Tombeaux*, qui est une avenue située hors de la ville.



Les premières éruptions du Vésuve ne produisirent aucune coulée de lave; elles ne donnèrent que des matières pulvérulentes. Les premières laves n'ont apparu que dans l'éruption de l'année 1038. En 1550, se manifesta une grande éruption



Fig. 101. Une rue de Pompéi.

qui lança des matières pulvérulentes en abondance. Le cratère resta dans un repos absolu jusqu'au 16 décembre 1631, époque à laquelle il se ralluma tout à coup. La montagne avait eu le temps de se couvrir de bois et de taillis dans lesquels paissait le bétail. Tout cela fut soudainement lancé en l'air ou consumé.



Fig. 102. La rue des Tombeaux, à Pompéi.





Sept torrents de lave coulant du cratère couvrirent plusieurs villages. Sur ces laves mêmes furent reconstruits les villages qui portent les noms de Torre dell' Annunziata, Torre del Greco, Résina, Portici, etc.

Depuis cette époque, il se passa rarement plus de dix années sans que le Vésuve donnât signe de vie. Le 27 février 1730, le cratère s'était peu à peu élevé, par l'abondance des matières, de telle sorte que son sommet formait une plaine. Le 15 mai 1737, nouvelle éruption, avec courants de lave. Le 2 décembre 1754, le cratère lance des blocs de lave de 4 mètres de diamètre. L'éruption de 1766 dura neuf mois, et la lave forma



Fig. 103. Le Vésuve actuel.

un grand lac de matières fondues. L'aspect du cratère était alors remarquable; il formait un cône, et de cette sorte de cheminée s'échappaient des gaz, des flammes et des scories. De la base sortaient des matières laviques en fusion. L'ambassadeur d'Angleterre, Hamilton, a publié de très-curieuses planches représentant l'état du Vésuve pendant l'éruption de 1766<sup>1</sup>. L'éruption de 1767, qui a été aussi figurée et décrite par Hamilton, fut remarquable par la grande quantité de lave qui sortit du volcan. Le Vésuve, loin de diminuer de hauteur,

1. *Campi phlœgræi. Observations sur les volcans des Deux-Siciles*, texte anglais et français, avec 95 planches, in-folio. Naples, 1776.



s'éleva, pendant cette éruption, de 185 pieds. Le 20 octobre, la lave s'ouvrit une issue à cent pas au-dessous de l'ancien cratère. Dans l'éruption du 29 juillet 1799, les colonnes de feu lancées par le Vésuve s'élevèrent à une hauteur prodigieuse.

D'autres éruptions remarquables ont eu lieu en 1790, 1794, 1804, 1810, 1817, 1820, 1822, 1831, 1834, 1839, 1858 et 1861.

C'est le roi de Naples, Ferdinand de Bourbon, qui a fait établir sur le Vésuve un observatoire particulier, où l'on suit tous les phénomènes que présente le volcan. M. Palmieri est le savant chargé des observations.

La figure 103 représente le Vésuve actuel, vu de la colline de Pausilippe, aux portes de Naples.

*Iles Lipari.* — Les îles Lipari, situées en face de la Sicile, renferment deux centres d'action volcanique : le Stromboli et le Volcano. Mais le Stromboli est le plus actif, et on peut le considérer comme le volcan central de ce groupe.

Le Stromboli, qui s'élève au bord de la petite île volcanique de ce nom, est sans doute en communication avec les vastes foyers souterrains qui ont fait surgir le Vésuve et l'Etna. C'est le volcan le plus remarquable de l'Europe par sa continuité. Connu de toute antiquité, signalé par Homère, le Stromboli n'a pas cessé un moment ses resplendissantes éruptions, qui lui ont fait donner le nom de *Phare de la Méditerranée* ou de *la mer Tyrrhénienne*.

Depuis deux mille ans, on n'a jamais vu s'éteindre son panache de flammes; aujourd'hui, comme au temps d'Homère, la gerbe enflammée qui sort de son cratère sert aux pilotes des environs pour se diriger pendant la nuit.

Toute l'île de Stromboli a été formée par les déjections volcaniques, par des scories et de la lave. Elle forme une sorte de cône, fendu du haut en bas par une large crevasse. Le cratère est placé à 200 mètres au-dessous de la montagne, la lave s'écoule par le haut de l'énorme fissure qui la divise (fig. 104).

Il n'est pas difficile d'arriver au sommet de la montagne, et comme les précipices qui descendent vers le cratère sont presque verticaux, on peut plonger ses regards dans le sombre orifice sans être incommodé par les vapeurs sulfureuses ou les roches lancées en l'air, car on domine les bouches d'éruption d'une assez grande hauteur. Toutefois, comme le sommet de

la montagne est formé de matériaux mouvants, il y a quelque danger à s'approcher des bords du précipice.

La perspective de ce danger n'a pas arrêté les observateurs. On possède plusieurs descriptions du cratère de Stromboli. La plus exacte est celle qui a été donnée par le géologue prussien Frédéric Hofmann. En 1828, Hofmann s'étant couché sur le bord du précipice, se fit tenir par ses compagnons, de manière à pouvoir avancer la tête au delà des bords, et voici comment il décrit ses impressions :



Fig. 104. Le Stromboli.

« Trois bouches actives se voyaient au fond du cratère. La moyenne principale avait 200 pieds de diamètre; elle ne montrait rien de particulier; elle fumait légèrement et de nombreuses croûtes jaunes de soufre couvraient les parois de sa cheminée. A côté de cette bouche on en trouvait, plus près du précipice, une autre, large seulement de 20 pieds, dans laquelle je pouvais observer le feu de la colonne liquide de lave, dont le niveau se balançait par intervalles.

« La lave ne se montrait point comme une imagination ardente se la dépeint quelquefois, sous forme d'une masse brûlante, vomissant des flammes; mais elle paraissait luisante comme du métal fondu, comme le fer sortant du haut fourneau, comme l'argent au fond du creuset.

« Cette masse fondue oscillait en montant et en descendant. Elle était

poussée évidemment par la tension terriblement élevée de vapeurs élastiques renfermées dans son intérieur, et on pouvait facilement voir l'effet du balancement entre le poids des masses fondues et la pression des vapeurs d'eau qui les soulevaient. La surface montait et descendait régulièrement par intervalles rythmiques. On entendait un bruit particulier, semblable aux décrépitations de l'air entrant par un soufflet par la porte d'un fourneau de mines. Un ballon de vapeurs blanches sortait à chaque décrépitation, en soulevant la lave, qui retombait après sa



Fig. 105. Le cratère du Stromboli, d'après l'atlas de l'ouvrage de M. de Hylandt. (*Théorie des volcans.*)

sortie. Ces ballons de vapeur arrachaient à la surface de la lave des scories chauffées au rouge, et ces morceaux dansaient comme ballottés par des mains invisibles, dans un jeu rythmique, par-dessus le bord de l'ouverture. Ce jeu si régulier et si attrayant était interrompu de quart d'heure en quart d'heure par des mouvements plus tumultueux. La masse des vapeurs tourbillonnantes resta alors immobile pendant un moment en faisant même un mouvement saccadé de retour, comme si elle était aspirée par le cratère, du fond duquel s'élevait plus fortement la lave comme pour aller à sa rencontre. Le sol tremblait alors, les parois du cratère tressaillaient en s'inclinant. C'était un tremblement de



terre manifeste. La bouche du cratère faisait entendre un mugissement sourd et roulant, et à la fin un ballon immense de vapeur crevait à la surface de la lave, soulevée avec des craquements sonores et tonnants. Toute la surface de la lave réduite en esquilles incandescentes était alors lancée en l'air.

« La chaleur frappait vivement nos visages, une gerbe enflammée montait toute droite en l'air et retombait en pluie de feu sur les environs. Quelques bombes s'élevaient jusqu'à 1200 pieds de haut et décrivaient, en passant par-dessus nos têtes, des paraboles de feu. Inmédiatement après une éruption pareille, la lave se retirait dans le fond de la cheminée, qui s'ouvrait noire et béante; mais bientôt on voyait remonter le miroir luisant de la surface de lave qui recommençait alors le jeu rythmique des dégagements ordinaires moins violents. »

*Islande.* — Bien que les anciens traités de géographie ne signalent en Islande que le mont Hékla comme montagne volcanique, il existe dans cette île plus de 20 volcans, dont 8 sont en activité. L'Hékla (fig. 106) n'est ni le plus grand ni le plus formidable de ces volcans. Si on le cite de préférence, c'est qu'il est situé près de la côte méridionale de l'île, partie la plus souvent visitée par les voyageurs. Au reste, l'Islande elle-même est tout entière un terrain d'éruption.

L'histoire n'a constaté qu'au neuvième siècle des éruptions volcaniques dans cette contrée; mais depuis le commencement du douzième siècle, il s'est rarement passé en Islande un intervalle de vingt années sans quelque éruption ou quelque violente secousse. L'Hékla a été quelquefois en activité pendant six ans sans interruption. Les tremblements de terre ont souvent bouleversé l'île dans sa totalité en y produisant le déchirement des montagnes, le déplacement du cours des rivières et l'apparition de lacs nouveaux. Toute l'Islande est sillonnée de crevasses et recouverte par des masses de laves d'une si grande étendue qu'on n'en trouve de semblables en aucun autre lieu du monde.

Dans certains points de l'île, les volcans sont en activité à tour de rôle, l'un d'eux servant de soupape de sûreté pour les autres. Presque tous ces volcans sont situés sur une large bande de trachyte qui traverse l'Islande du nord-est où se trouve le Krabla, jusqu'au cap Reykiavers, qui termine l'île au sud-ouest. Les principales bouches volcaniques, ou *jokulls*, sont : au nord, le Krafla, le Leirhnukur, le Trolladyngur, le Skapta; au sud, l'Hékla, Eyafiall, Katlugia; à l'est, l'Oerafa.



Les plus terribles éruptions dont les annales de l'Islande fassent mention sont celles de 1783. Le courant de lave sorti le 11 juin du Skapta-Jokull remplit le lit de la rivière très-profonde du Skapta, ainsi qu'un lac considérable qu'elle traversa, et déborda ensuite sur les champs voisins. Plus de neuf mille personnes et une immense quantité de bétail périrent dans cette catastrophe. Les masses pulvérulentes qui furent vomies pendant six mois par le Skapta et le Krafla, chassées par les vents sur l'Europe, y obscurcirent momentanément le soleil et donnèrent au ciel une couleur blafarde. Un mois avant que l'éruption ne se manifestât sur la terre ferme, il y eut à trente milles au sud-ouest du cap Reykiavers une éruption sous-marine qui couvrit la mer de ponces et de cendres jusqu'à une distance de 300 kilomètres. En même temps une île sortit des eaux; elle était formée de roches qui lançaient des flammes. Le roi de Danemark la réclama et lui donna le nom de *Ny-Oë* (*nouvel îlot*). Mais avant qu'une année fût écoulée, la mer reprit son domaine, et il ne resta en ce point qu'un récif dangereux.

A côté de ces volcans, des sources chaudes et des solfatares donnent issue à la chaleur souterraine. L'un des phénomènes les plus curieux sont les *geysers*, ou volcans d'eau bouillante, parmi lesquels il faut citer surtout le *grand Geyser* (son nom signifie *fureur*) et le *Strokkur*.

Le *grand Geyser* est une source jaillissante dont le tube a 23 mètres de profondeur sur 3 de largeur; il est surmonté d'un bassin qui mesure en travers de 16 à 18 mètres. Les parois de ce bassin, aussi bien que celles du tube d'ascension, sont revêtues d'une couche siliceuse très-unie et très-dure provenant des dépôts siliceux fournis par les eaux, car ces eaux tiennent en dissolution une assez forte proportion de silice. Cependant l'eau du geyser ne dépose rien; mise en bouteille, elle reste claire comme le cristal; on peut la garder des années sans qu'il se forme aucun précipité. On ne comprendrait donc pas la formation des parois de silice du geyser, si on ne savait que le même liquide, soumis à une évaporation rapide, laisse un anneau siliceux sur les côtés du bassin dans lequel on l'évapore; et c'est là le cas des puits d'eau chaude de l'Is-



Fig. 106. Le volcan de l'Hekla, en Islande.



lande. La source thermale déposant de la silice a donc elle-même bâti son puits dans le cours des siècles, et en a exhaussé les bords en forme de tertre.

La figure 107 représente le bassin du grand Geysier, dans un moment d'interruption du jet d'eau bouillante.

L'explication des phénomènes du geysier a longtemps embarrassé les physiciens. Le jet d'eau bouillante n'est pas continu; il n'arrive que par intervalles. Avant chaque éruption, le tube et le bassin se sont d'abord remplis d'eau chaude; de temps en temps des détonations violentes, accompagnées d'une grande agitation de l'eau, se font entendre. L'eau est soulevée

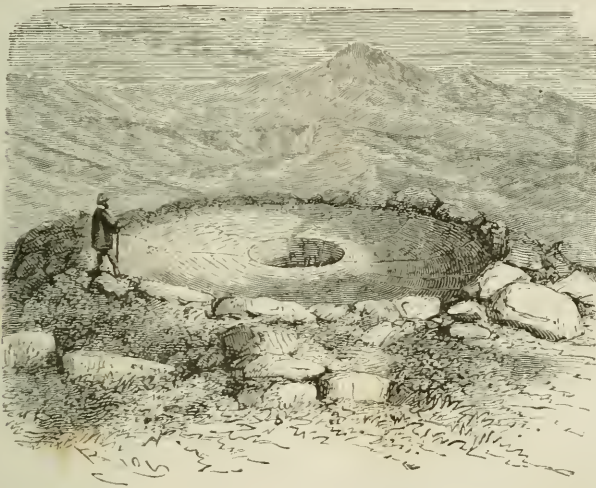


Fig. 107. Bassin du grand Geysier.

dans le tuyau, de manière à produire un monticule au centre de la nappe; le liquide déborde, puis tout à coup il s'élance avec fureur, en formant une immense gerbe, dont les épis, perçant la vapeur, retombent sur eux-mêmes dans le bassin. Des pierres ou des mottes de tourbe, qu'on jette quelquefois dans le geysier afin de provoquer une éruption, sont rejetées avec violence. Ensuite la gerbe diminue, s'élance encore, fait un dernier effort, avec une violence soudaine, puis tout s'apaise : le geysier reste enveloppé d'un nuage de vapeurs blanchâtres, et le bassin se montre de nouveau vide et parfaitement sec. Le jet lancé par le grand Geysier atteint quel-



quefois une hauteur de 60 mètres; en 1770, il a dépassé 110 mètres.

M. Bunsen a donné l'explication suivante du jeu de cette fontaine intermittente. Il a réussi à déterminer la température de l'eau à différentes profondeurs quelques minutes avant une éruption. Dans aucune partie du tube l'eau, d'après ses observations, n'atteint le point d'ébullition correspondant à la pression à laquelle elle est soumise dans cette partie du tube. Ainsi, à 9 mètres du fond, elle a 122 degrés de chaleur, tandis qu'à cette profondeur elle ne pourrait bouillir qu'en atteignant 124 degrés, en raison de la pression qu'elle supporte. Or, à une profondeur moindre, la colonne d'eau superposée étant plus courte et la pression moins considérable, le point d'ébullition n'est qu'à 120 degrés. Si donc la vapeur, arrivant par les conduits souterrains, pousse l'eau qui possède 122 degrés au niveau pour lequel le point d'ébullition est à 120 degrés, elle y entrera aussitôt en ébullition, formera de la vapeur qui soulèvera encore davantage la colonne supérieure, dont le sommet se déversera dans le bassin, déchargeant ainsi l'eau inférieure d'une partie de sa pression. De cette manière, tout le tube peut soudainement entrer en ébullition, et l'eau être projetée avec force en jets verticaux. Ces éruptions s'expliquent donc en supposant que l'eau reçoit un excès de chaleur en un de ses points par l'action locale de roches très-chaudes, et que la vapeur qui s'y forme donne une première impulsion verticale à la colonne liquide (fig. 108).

Il résulte de la théorie de M. Bunsen que le grand Geysir, comme d'autres sources chaudes de l'Islande, cessera de jaillir lorsque son tube d'ascension aura atteint une certaine limite de longueur.

Le *Strokkur* est le deuxième volcan d'eau bouillante qui accompagne le grand *Geysir*. Pour donner une idée exacte de ce curieux jet d'eau bouillante, nous rapporterons la description qu'en a donnée un voyageur, M. Jules Nougaret, à qui l'on doit d'intéressants récits des grandes curiosités naturelles de notre globe.

« Le mot *Strokkur*, dit M. Jules Nougaret dans le *Moniteur universel* du 12 juin 1866, signifie, en islandais, *baratte*. Il a été donné à ce geysir parce que son cratère ressemble à une machine à battre le beurre. Il se



Fig. 108. Le grand Geyser de l'Islande.



trouve à environ 70 mètres du grand Geyser et par conséquent à 35 mètres de ma tente. Il est autrement effrayant que son voisin, vu que rien ne garde son ouverture. Au milieu d'un soubassement, espèce de cuvette difforme, se trouve la bouche du Strokkur, véritable trou de puits à peu près rond et ayant un diamètre de 1 mètre 50. Tout à fait à l'entrée, il s'est formé un semblant de bourrelet qui n'entoure pas entièrement la bouche. Il se compose d'une espèce de confève rouge comme la brique et d'une concrétion siliceuse mélangée qui n'offre pas les mêmes apparences que celle du grand Geyser. Elle est d'un gris blanchâtre et remplie de tubulures qui, si elles étaient régulières, la feraient prendre pour des fragments de rayons d'abeille pétrifiés. L'impureté de ces concrétions provient de ce que, pour provoquer des éruptions du Strokkur, on y jette continuellement des pierres, des mottes de gazon, tout ce qui tombe sous la main. On comprend que toutes ces matières doivent sensiblement altérer l'eau et y introduire des principes hétérogènes qui, mélangés au silicium, combiné avec l'oxygène, produisent des espèces de silicates imparfaits, au lieu d'une silice pure.

• Quant aux cellules ou tubulures irrégulières qu'on y trouve, elles proviennent de la même cause; les herbes, les racines, après être allées provoquer une éruption, sont rejetées en dehors, tombent quelquefois sur le bord de la bouche, et si on les y laisse, ce qui arrive le plus souvent, l'année d'après elles sont couvertes de dépôts de silice, et au bout d'un certain temps, ces mêmes herbes, ces mêmes racines déjà calcinées, cuites par les eaux du geyser, pourrissent: alors il ne reste à leur place que le moule vide de leur forme primitive et un vague résidu.

« Quand on s'approche du bord de ce puits pour en regarder l'intérieur, on est saisi d'une horreur insurmontable. J'ai déjà exploré tous les cratères connus de l'Europe. J'ai été le premier à porter mes pas sur les derniers cônes de l'Etna, alors qu'ils venaient à peine de sortir de terre, et pendant que leurs éruptions étaient dans toute leur imposante grandeur: j'ai passé une nuit dans le Stromboli, penché sur le bord d'une bouche pour regarder bouillonner les laves à l'intérieur: tout cela m'intéressait; j'ai toujours été parfaitement calme, sans songer à la possibilité d'un accident, sans éprouver le moindre sentiment de crainte. Ici, sur le bord du Strokkur, en voyant cette eau couverte d'écume qui bouillonne dans ce puits aux parois unies, j'éprouve une espèce de vertige, un frisson insurmontable qui ne me quitte plus, et je pense à ce malheureux cheval d'un naturaliste qui, y étant tombé, en fut rejeté, quelques instants après, complètement cuit.

« A une profondeur qui varie selon les oscillations occasionnées par le bouillonnement de deux à trois mètres, les eaux limoneuses tourbillonnent en crachant une écume jaunâtre et avec un bruit terrible. C'est à tort que, j'ignore pourquoi, les naturalistes ont prétendu que les vapeurs de ces geysers sont inodores. Je trouve que celles qui s'en dégagent ont, au contraire, une odeur de chlore et de soude tellement forte, à certains moments, qu'elle attaque le gosier et provoque la toux.

« S'il faut attendre le bon plaisir du grand Geyser pour avoir le spectacle d'une éruption, il n'en est pas de même du Strokkur, dont on peut exciter les fureurs au point de le mettre dans de magnifiques transports. Il suffit



pour cela, comme je l'ai dit, d'y jeter des pierres, des mottes de gazon ou d'autres matières lourdes. Pour atteindre ce résultat, j'ai mis près d'une heure, avec l'aide de mon guide, à construire sur le bord une espèce de muraille avec divers matériaux que j'allais chercher sur les bords de la rivière d'Haukadalur. Quand l'édifice a été élevé à une hauteur suffisante, je l'ai poussé dans le cratère, et j'ai attendu.

« En tombant dans le puits bouillant, toutes ces matières n'ont produit qu'un bruit très-naturel; mais j'ai observé qu'à partir de ce moment le bouillonnement devenait moins fort, diminuait progressivement, jusqu'à ce qu'enfin il a fini par cesser tout à fait. Au milieu de ce silence, pendant lequel le monstre semblait se recueillir, de temps à autre j'entendais l'eau qui faisait des soubresauts, se livrait à des saccades isolées se succédant de minute en minute et devenant de plus en plus fortes.

« Il y avait vingt-trois minutes que je suivais cette marche, quand tout à coup l'eau s'est montrée au-dessus de l'orifice; ce soulèvement a été immédiatement suivi d'un premier jet, qui s'est élevé à la hauteur de trois mètres: l'éruption était commencée. Ce n'est pas une éruption continue, semblable à un jet d'eau qui obéit à une pression toujours égale, mais une suite d'éruptions successives et sans interruption. A partir de ce moment, une énorme bouchée d'eau s'élevait dans les airs en entraînant une certaine quantité de vapeurs, retombait sur les bords concaves du cratère, et pendant qu'elle s'y engouffrait de nouveau, une autre gerbe plus volumineuse s'élevait, avec une rapidité extrême, à une plus grande hauteur. Il arrivait parfois qu'un jet en suivait presque instantanément un autre; alors les deux, en se rencontrant, se brisaient et retombaient ensemble. Mais quand l'éruption suivante avait lieu aussitôt après la chute de celle qui l'avait précédée et avant qu'elle fût entièrement rentrée dans le puits, alors, libre de tout obstacle, la nouvelle venue s'élevait à quatre-vingts pieds, en conservant à sa base un volume de deux mètres de diamètre, qui allait s'élargissant de manière à former un cône renversé.

« Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que l'eau retombe exactement sur place et que l'observateur peut se placer à quatre mètres de la bouche sans en recevoir une seule goutte.

« Après un spasme qui avait duré dix-huit minutes, tout se calma soudain. Croyant que tout était fini, je m'approchai aussitôt du cratère pour en examiner l'intérieur; mais, au moment où je regardais, comme si ce terrible geyser eût été doué d'une intelligence quelconque, il me cracha à la face une éruption formidable. L'eau arriva avec une vitesse telle, que j'eus à peine le temps de détourner la tête; mais dans la précipitation que je mis à me sauver, et, je dois le confesser avec toute sincérité, tant que j'ai été en présence du Strokkur, il m'a été impossible d'entrer en possession de mon sang-froid. Dans ma trop brusque retraite, je tombai dès le premier pas, et quelque diligence que je misse à me rouler sur moi-même, je ne pus pas fuir assez vite pour ne pas recevoir une grande quantité d'eau chaude. Pour le coup, je me crus à moitié cuit, et ce n'est pas sans quelque surprise que je m'aperçus, dès les premières sensations, que cette eau était à peine tiède. Réflexion faite, je suis bien aise que le hasard m'ait fait faire cette expérience, qui va nous mettre sur la

voie de quelque vérité, quand nous essayerons de pénétrer les secrets de ces geysers.

« L'éruption dura encore douze minutes, après lesquelles tout se tut de nouveau. Je m'avançai alors sur la bouche, mais cette fois avec plus de confiance, parce que je savais que l'eau n'arrivait jamais au delà de trois mètres de la bouche et qu'on avait le temps avant sa chute de parcourir un espace double sans se presser, et que de plus, quand elle retombait, elle était sensiblement refroidie. Cette fois l'éruption était bien finie. L'eau s'était complètement retirée dans les profondeurs, et il m'a été facile d'examiner ce cratère provisoirement desséché. Il est parfaitement rond et uni, poli même par le bouillonnement continu des eaux ; il a, comme je l'ai dit plus haut, 1 mètre 50 à son ouverture évasée, et va se rétrécissant comme l'embouchure allongée d'un cor de chasse.

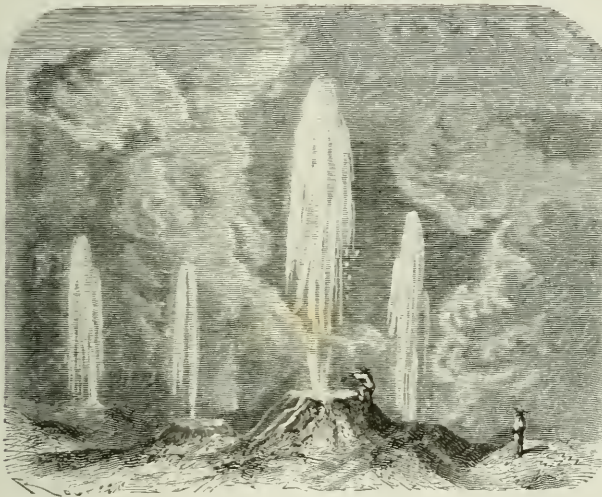


Fig. 109. Fontaines bouillantes du Strokkur.

On peut le suivre de l'œil jusqu'à une profondeur de vingt ou trente pieds ; là il est large de trois pieds au plus, et semble décliner vers le nord. Ce n'est qu'au bout de seize minutes que les eaux ont commencé à reparaitre dans le fond, mais il a fallu en tout douze minutes à ces mêmes eaux pour revenir à leur premier niveau et reprendre leur allure primitive. »

La figure 109 représente les fontaines bouillantes du Strokkur.

*Iles Açores, Canaries, et îles du Cap-Vert.* — Ce groupe d'îles situées à l'ouest de l'Afrique est tout aussi volcanique que l'Islande.

Le principal volcan des îles Açores est le *Pico*, remarquable

par son cône d'éruption parfaitement régulier et formé de trachyte.

Nous avons déjà parlé du pic de Ténériffe à propos des montagnes de l'Afrique. C'était jadis un volcan terrible ; mais ses éruptions ont cessé depuis le commencement de notre siècle. Le cône d'éruption du pic de Ténériffe s'aperçoit à 50 lieues en mer. Le célèbre géologue allemand Léopold de Buch est descendu jusqu'à plus de 200 mètres de profondeur dans le cratère éteint, pour étudier la structure de cette masse éruptive et la succession des terrains que cette fissure met à nu.

Les îles du Cap-Vert ne contiennent qu'un seul volcan en activité : le Fuego.

*Iles Gallapagos.* — Ces îles renferment 12 volcans en activité.

*Iles Sandwich.* — On rencontre dans cette chaîne le cratère le plus large que l'on connaisse parmi les volcans en activité : c'est celui de *Kilauea* ou *Kirauea*, dans l'île Hawaii, qui semble devoir son existence à un soulèvement assez moderne.

L'île d'Hawaii nous offre d'ailleurs les phénomènes volcaniques les plus instructifs, au point de vue de la théorie. Cette île est formée de trois grandes montagnes, dont la plus haute, le *Mowna-Roa*, atteint 4800 mètres ; c'est à la fois la cime la plus élevée et le volcan le plus actif de l'Océanie. *Mowna-Roa* porte à son sommet un cratère qui est peu considérable ; mais sur les flancs de cette montagne s'ouvre une autre bouche de dimensions extraordinaires. Elle a plus d'une lieue de diamètre, et l'on évalue sa circonférence à 10 ou 20 kilomètres. Ce cratère présente un sol ferme, composé de lave et de scories, d'où s'élèvent partout de petits cônes d'éruption toujours fumants, qui, plusieurs fois déjà, ont vomi des coulées de lave d'une immense largeur. Des terrasses successives font de ce cratère une sorte d'amphithéâtre, au fond duquel se trouve le bassin de lave en fusion. On remarque deux terrasses en gradins, dont l'une est à 200 mètres au-dessus du niveau de la lave. Cet immense cratère ressemble à un lac de feu, sorte de nouveau *Phlégéthon*. Cependant, par les temps calmes, il est en partie couvert par des scories solidifiées, et il ne reste au milieu que quelques nappes de lave incandescente, de dimensions plus ou moins considérables.



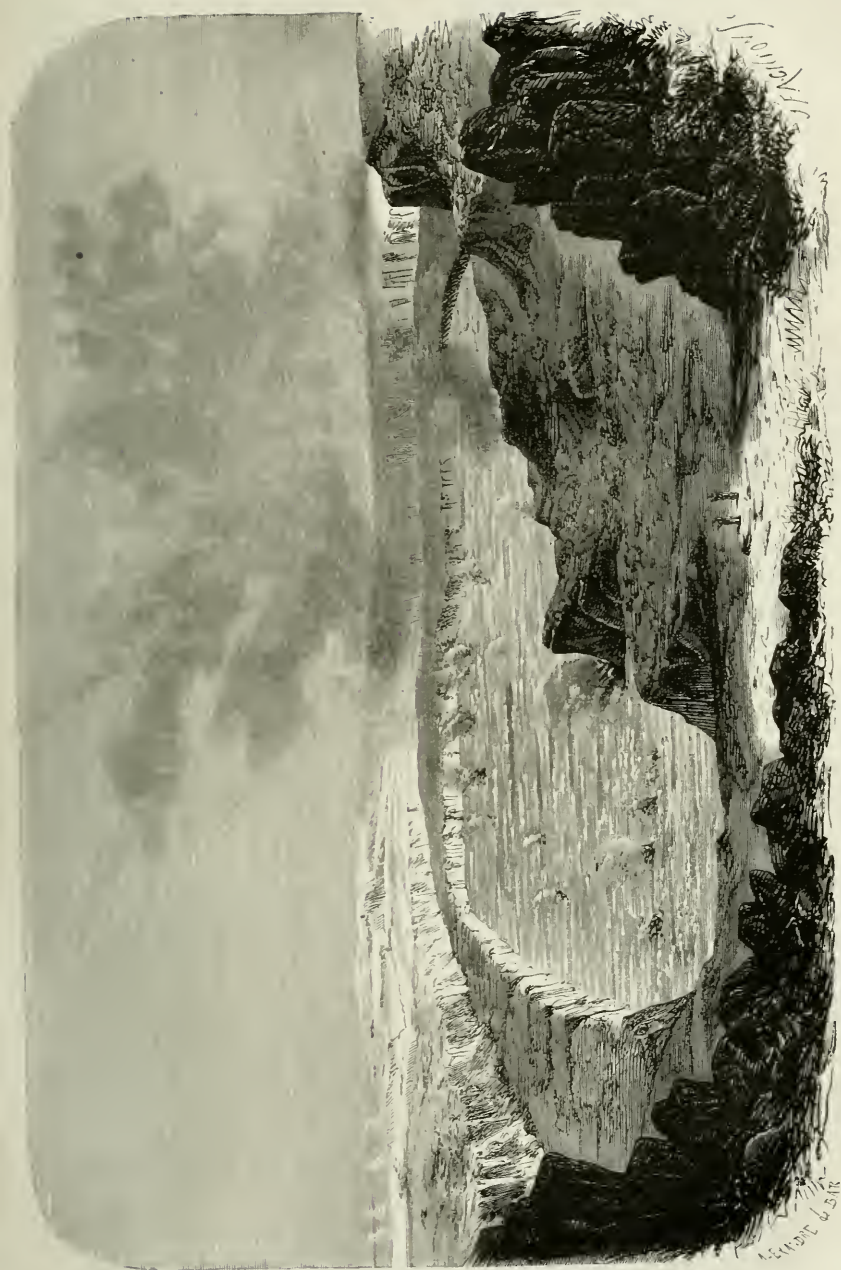


Fig. 110. Le Kilauea (cratère du volcan d'Hawaii).





« La lumière qui jaillit de la lave de ces lacs, dit le naturaliste américain Dana, est tellement intense qu'elle formait, dans des nuages de pluie, qui passaient au moment de notre observation, un véritable arc-en-ciel. Cette masse de lave rappelle la mer agitée. Elle est presque aussi liquide que de l'eau; ses vagues forment des brisants sur les bords des terrasses; quelquefois elle est soulevée jusqu'à la hauteur de la première terrasse, d'où elle se précipite en formant des cascades. Quelquefois des jets isolés jaillissent jusqu'à la hauteur de 20 mètres; la lave fondue se retire après une pareille explosion, la surface se fige et devient noire; mais tout à coup cette écorce se brise de nouveau, se couvre de fissures d'une lueur éclatante; les pièces noires sont soulevées et flottent à la surface, comme des glaçons sur une rivière à l'époque du dégel. Tout cela se passe ordinairement dans un silence complet et sans secousses du sol, car l'ouverture est trop large.... »

Le calme habituel de cet immense brasier s'explique facilement par la grandeur de l'orifice. Dans les cheminées étroites de la plupart des volcans, les mouvements de la matière liquide sont gênés, et par suite très-brusques et violents; dans l'ouverture large et béante que forme le Kilauea, ces mouvements rencontrent peu de résistance, et ils perdent alors leur caractère convulsif. Cette circonstance prouve que la violence des éruptions des volcans ne tient qu'à l'étroitesse de la fissure qui met l'intérieur du globe en communication avec l'extérieur. A ce point de vue, le large cratère du Kilauea est, comme nous le disions plus haut, très-instructif pour les géologues.

Il serait très-intéressant de chercher à constater si les soulèvements de la lave du Kilauea ont quelque rapport avec les positions de la lune, et si on peut les assimiler au phénomène des marées océaniques, ce qui confirmerait la théorie de M. Perrey sur la cause des tremblements de terre et des éruptions volcaniques. Un physicien français, M. Bravais, mort en 1863, avait formé le projet d'aller suivre aux bords de ce lac de feu le mouvement de la lave, afin de reconnaître si, conformément à la théorie de M. Perrey, les soulèvements de cette masse liquide correspondent, comme les marées, aux phases de la lune. Ce serait une observation très-importante à faire; nous la signalons aux voyageurs qui pourront visiter ces parages.

L'approche d'une éruption du Kilauea s'annonce par des ondulations très-fortes de la nappe liquide. Quelquefois, quand

l'éruption du grand cratère se trouve empêchée par une cause inconnue, on voit s'ouvrir dans les flancs mêmes du cône un nouvel orifice, ainsi que cela a eu lieu en 1859, où une bouche latérale vomit pendant plusieurs mois des flots de lave qui allaient se précipiter dans la mer.

La figure 110 représente le cratère du Kilauea, d'après le dessin de MM. Dana et Wilkes.

*Iles Marquises.* — Quelques volcans existent dans ces îles, dont le terrain est trachytique.



Fig. 111. Le Piton (île Bourbon).

*Iles de la Société.* — La montagne de Tobreouou, aussi haute que l'Etna, est le volcan central de ce groupe.

*Iles des Amis.* — Le volcan de Tofua, qui appartient à ces îles, est, dit-on, continuellement en éruption.

*Ile Bourbon.* — Le volcan qui s'élève dans cette île est un des plus importants du globe. Il a au moins, dit le célèbre géologue Dufrenoy, deux éruptions par an<sup>1</sup>. Sa hauteur dépasse 2000 mètres.

1. *Encyclopédie du dix-neuvième siècle*, art. VOLCAN, p. 471.

Nous trouvons dans une publication récente sur l'île Bour-

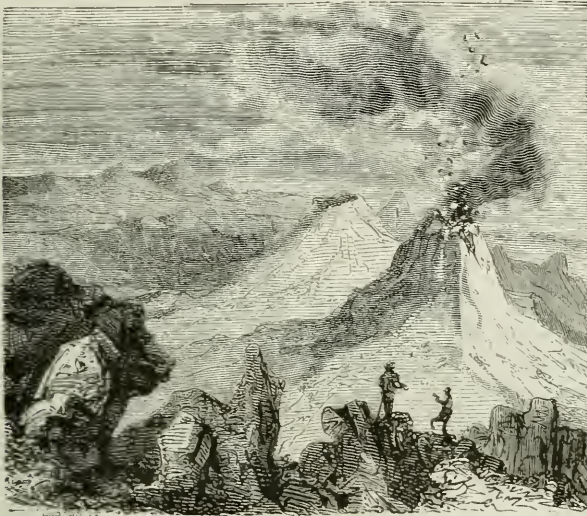


Fig. 112. Cratère du volcan de Bourbon.

bon (*Album de l'île Bourbon*) quelques détails intéressants sur les phénomènes volcaniques propres à l'île Bourbon :]



Fig. 113. Le Grand-Brûlé.

« Il existe à l'île Bourbon, dit M. Dejean de la Bâtie, un volcan qui paraît avoir donné naissance à cette île, et dont les éruptions fort abon-



dantes et presque continuelles ne cessent de l'agrandir. Des cratères éteints attestent sa présence plus ou moins ancienne sur tous les points de l'île ; il occupe aujourd'hui la partie sud-est, et c'est une exposition qu'il a dû et qu'il doit toujours conserver. En effet, en supposant qu'une première éruption sous-marine ait formé, à une époque très-reculée, le noyau de l'île, les cendres, les étincelles et toutes les parties les plus légères ont dû être chassées par le vent dans le nord-ouest. Les laves elles-mêmes, subissant plus ou moins l'action de la lame, ont dû s'étendre plus facilement sous le vent, où elles rencontraient moins d'obstacles. Tout ce qui a pu se détacher de ces laves et être roulé par les flots a formé du même côté un commencement d'alluvion, et, à la lon-



Fig. 114. Cratère du Grand-Brûlé.

gue, la même cause continuant à produire les mêmes effets, le cratère primitif s'est trouvé plus rapproché de la mer du côté du vent que du côté opposé.

« Cependant à chaque éruption les laves refroidies ont dû former, autour du cratère d'où elles sortaient, un bourrelet qui, s'élevant toujours en recevant de nouvelles couches, n'a pas tardé à former une montagne. Lorsque cette montagne a eu atteint une certaine hauteur, le cratère s'est trouvé avoir une profondeur et des dimensions que la lave avait à parcourir et à remplir avant de trouver une issue. On conçoit que l'expansion des gaz a dû exercer alors, sur la lave et sur toutes les parties solides qui la contenaient, une pression d'autant plus forte que la résistance était plus grande ; et comme le côté du vent a toujours été le moins

chargé, c'est de ce côté que la résistance a dû être vaincue. De nouveaux cratères se sont ainsi ouverts et s'ouvriront successivement, toujours dans le voisinage de la mer, et toujours du côté du vent. Ces convulsions terribles, l'ouverture de nouveaux cratères et la formation de nouvelles montagnes, qui en est la conséquence, expliquent parfaitement les pitons élevés, les ravines profondes, les cirques immenses qui remplissent tout l'intérieur de l'île, aussi bien que les alluvions qui s'étendent à la mer d'un côté, et les remparts accores qui la bordent de l'autre. Ainsi s'expliquent également la qualité supérieure des terres, leur plus grande profondeur, la décomposition plus avancée des laves dans la partie sous le vent, et les contrastes que le géologue peut remarquer entre cette partie de l'île et celle de formation évidemment plus récente, qui est exposée au sud-est.

« Le Grand-Brûlé, qui s'étend aujourd'hui sur une largeur de plusieurs lieues, n'offre encore aucune trace de végétation. C'est un plan incliné et inégal, rempli d'aspérités aiguës, qui s'élève et change sans cesse de forme et d'aspect par l'effet des ruisseaux de laves qui le sillonnent annuellement, tantôt dans une partie et tantôt dans l'autre.

« Ce pays désolé est destiné à devenir, avec le temps, une terre fertile, et quelques années ne se seront pas écoulées que déjà d'innombrables fougères, trouvant à s'y alimenter, y prépareront la couche légère d'humus où doivent prendre naissance de véritables forêts. Tous les environs du volcan de Bourbon attestent, en l'accomplissant avec une incroyable promptitude, cette métamorphose<sup>1</sup>. »

#### CHAÎNES VOLCANIQUES.

On possède peu de renseignements précis sur la plupart des chaînes volcaniques, ou *volcans en séries*. Les volcans du Chili et du Mexique, étudiés par de Humboldt au commencement de notre siècle, sont les seuls qu'on ait observés scientifiquement. Aussi nous bornerons-nous à donner, d'après le mémoire de Léopold de Buch, l'énumération des principales chaînes volcaniques du globe, en insistant un peu plus sur les dernières, c'est-à-dire sur la chaîne volcanique du Chili, de la Bolivie et du haut Pérou, de Quito et du Mexique.

*Iles de la Grèce.* — Ces îles sont les seules en Europe que l'on puisse classer avec certitude dans les chaînes volcaniques; l'île de Santorin est la plus remarquable, parce que l'action volcanique n'y subit aucune interruption. En l'an 480 de notre ère,

1. *Album de l'île Bourbon*, par Adolphe d'Hastrel; notice de M. Dejean de la Bâtie.

son cratère apparut, et produisit l'île d'Hiera. En 1427, cette île s'accrut considérablement; la Petite-Kaiméni se forma, en 1573, au milieu du cratère, et sa production fut accompagnée d'une grande éruption de vapeurs et de pierres poncees. De 1707 à 1709 apparut la Nouvelle-Kaiméni, qui dégage constamment des vapeurs sulfureuses. Le phénomène volcanique est permanent dans ce groupe, et peut-être une île nouvelle y apparaîtra-t-elle bientôt.

*Asie.* — Citons ici les chaînes côtières de la mer Rouge, la chaîne persane du Mazendéran, avec le Démavend; et au centre de l'Asie, les volcans et les solfatares des montagnes Célestes.

*Chaîne du Japon et des Kouriles.* — Les volcans du Japon sont distribués sur toute la surface de ce pays. Le *Fusi*, situé dans la province de Suraga, est la montagne la plus élevée et le volcan le plus considérable de tous ceux du Japon. Son sommet, constamment couvert de neige, est aujourd'hui éteint.

*Volcans du Kamtschatka.* — Cette chaîne est traversée dans toute sa longueur par deux chaînes différentes; celle qui regarde l'Amérique est formée presque entièrement de cônes et de pics gigantesques qui, presque tous, sont des volcans actifs. Le principal de ces volcans, celui de Kliutschew, s'élève sur une des plus hautes montagnes du globe.

*Chaîne des îles Aleutiennes.* — Ces îles renferment plusieurs volcans actifs.

*Chaîne des îles Mariannes.* — Il existe 7 volcans dans ce groupe; celui de l'île de l'Assomption est seul en activité.

*Chaîne située à l'ouest de l'Australie: chaîne des îles de la Sonde; chaîne des Moluques et des Philippines.* — On peut grouper ensemble ces chaînes qui entourent la Nouvelle-Hollande et le continent de l'Asie. Les innombrables volcans des îles de la Sonde s'étendent jusqu'aux îles les plus éloignées de Sumatra et de Java, et se perdent dans le golfe de Bengale. La chaîne des îles Moluques et des îles Philippines s'élève de même vers le Japon, et longe le continent de l'Asie.

Passons à différents groupes des volcans de l'Amérique, qui se rattachent aux Cordillères.

*Volcans des Antilles.* — Les volcans qui composent cette chaîne sont peu élevés. Les cratères de la Guadeloupe, de Saint-Christophe, de la Martinique et de Saint-Vincent semblent se rem-

placer alternativement pour l'émission de produits volcaniques. Le dernier de ces volcans eut une éruption considérable le 27 avril 1812.

*Volcans du Guatémala.* — Ces volcans sont très-peu connus; mais comme ils sont placés le long du rivage, ils attirent toujours les yeux des navigateurs. Ces pics, qui semblent partir du fond de la mer, pour s'élaner dans les nues, servent de phare aux pilotes. Le volcan de Fuego, situé à l'ouest de l'ancienne ville de Guatémala, est resté ignivome depuis 1580 jusqu'au commencement de notre siècle. Les affreux tremblements de terre qu'il a occasionnés ont forcé de déplacer la ville de San-Yago ou Nouvelle-Guatémala, qui a été rebâtie dans la plaine, 7 lieues plus à l'est.

*Volcans de la Bolivie et du haut Pérou.* — Le plateau des Andes, dans cette partie de l'Amérique, est bordé par deux chaînes élevées, dont l'une, celle qui s'étend à l'ouest, présente une série non interrompue de volcans en activité, située à une altitude supérieure à celle des montagnes les plus hautes de l'Europe. Les pics volcaniques les plus importants de cette chaîne sont le Chipicana, l'Arequipa et le Pichu-Pichu.

*Volcans de Quito.* — Un immense massif volcanique, qui s'étend du nord au sud, forme la plus grande partie de la haute contrée de Quito. Le Cotopaxi, le Pichincha, le Tunguragua et l'Antisana sont les volcans actifs le plus importants de cette chaîne.

Le *Cotopaxi* (fig. 115) est le plus beau sommet de la Cordillère des Andes. Sa forme a tant de régularité que les Espagnols disent qu'il a été façonné au tour. La limite des neiges perpétuelles y est accusée par une ligne tranchée de la manière la plus nette. En 1741, la Condamine et Bouguer, pendant qu'ils procédaient à leurs mesures trigonométriques dans ces régions équatoriales, contemplèrent une des plus belles éruptions du Cotopaxi, qui lançait des colonnes de feu de 1500 mètres de hauteur. Cette éruption dura trois ans et noya sous des flots de lave d'immenses étendues de plaines.

Le Pichincha servit de demeure à la Condamine et Bouguer en 1742. Ils y passèrent trois semaines à une altitude égale à celle du Mont-Blanc. C'est au terrible voisinage de ce volcan que la ville de Quito doit ses tremblements de terre.



Le Pichincha a quatre sommets principaux. C'est dans le sommet placé au sud, et qui porte le nom de *Ruas Pichincha* (Père), qu'est placé le cratère d'éruption. Cette disposition fait



Fig. 115. Le Cotopaxi, d'après de Humboldt.

que le Pichincha (fig. 116) ressemble plutôt à une chaîne de montagnes qu'à un volcan.

De Humboldt fit l'ascension du Pichincha. Il s'approcha



Fig. 116. Volcan du Pichincha.

jusqu'aux bords du cratère, et vit les bouillonnements de la lave dans les noires profondeurs de l'abîme. Mal dirigé par ses guides, il s'était avancé, au milieu d'un épais brouillard, à

quelques pieds de la pente rapide qui descend dans le cratère, et il faillit tomber dans le gouffre enflammé.

L'Antisana, qui se dresse en face du Pichincha, est un volcan éteint depuis trois siècles.

*Volcans du Mexique.* — Ces volcans sont tous distribués selon une même ligne, de l'est à l'ouest, qui coupe obliquement le continent américain. La plupart sont aussi actifs que ceux de Quito, et leur altitude est considérable. Le pic d'Orizaba, le Popocatepetl, le Jorullo, le Colima sont les plus importants de ce groupe.

L'Orizaba est un beau cône, déchiqueté par les éruptions.



Fig. 117. Cratère de l'Orizaba.

Sa hauteur n'est pas moindre de 6000 mètres. De 1545 à 1560, il fut le théâtre d'éruptions violentes; mais il est resté en repos depuis cette époque.

La figure 117 représente le cratère de l'Orizaba, d'après un dessin pris sur les lieux par un voyageur allemand, M. de Muller, qui, en 1856, réussit à escalader, non sans danger, ce pic volcanique.

Le Popocatepetl, qui se dresse non loin de Mexico, est plus haut que le Mont-Blanc : il a plus de 5000 mètres d'élévation. Il avait autrefois de fréquentes et terribles éruptions; mais depuis plusieurs siècles il ne lance guère que des vapeurs, non

accompagnées de flammes. Ce volcan a été assez souvent exploré dans notre siècle; de Humboldt est le premier qui en ait mesuré la hauteur.

Le Colima, haut de 4000 mètres, est en état d'éruption constante, mais il ne lance que de la fumée et des cendres.

Le Jorullo a cela de remarquable que sa formation est pour ainsi dire contemporaine. Au mois de juin 1759, une plaine fertile de l'État de Valladolid, entièrement cultivée et couverte de plantations, située à six journées de marche de Mexico, éprouva une commotion subite. Un affreux tremblement de terre se manifesta, et se prolongea deux mois entiers. Au bout de ce temps, les inquiétudes des habitants du pays commençaient à se calmer, lorsque dans la nuit du 28 au 29 septembre la terre s'agita de nouveau, et un terrain de plusieurs lieues d'étendue se souleva lentement, en forme de masse arrondie et boursouflée. Du sommet de la montagne ainsi formée s'exhalèrent des émanations volcaniques. Tout le terrain qui s'étendait au pied de ce vaste mamelon ondulait comme les vagues de la mer agitée par la tempête. Des milliers de monticules de 3 à 6 mètres de hauteur, très-rapprochés les uns des autres, s'ouvraient et se fermaient alternativement. Enfin la montagne creva, et par ce gouffre de près de trois lieues carrées s'élançèrent des flammes, des scories et des roches en fusion.

L'éruption dura près d'une année. Elle diminua graduellement, mais elle n'a jamais entièrement cessé, et le Jorullo lance encore aujourd'hui des tourbillons de feu. Tout autour de la montagne, des milliers de bouches, de forme conique, nommées *hornitos*, émettent constamment de la fumée et des gaz. Deux rivières, qui coulaient autrefois dans la plaine, s'engloutissent dans un gouffre profond, et reparissent à l'ouest, à un point très-éloigné de leur ancien lit. Il est probable qu'elles traversent le conduit volcanique, car elles reviennent au jour avec une température de 53 degrés. La figure 118 représente l'état actuel du Jorullo.

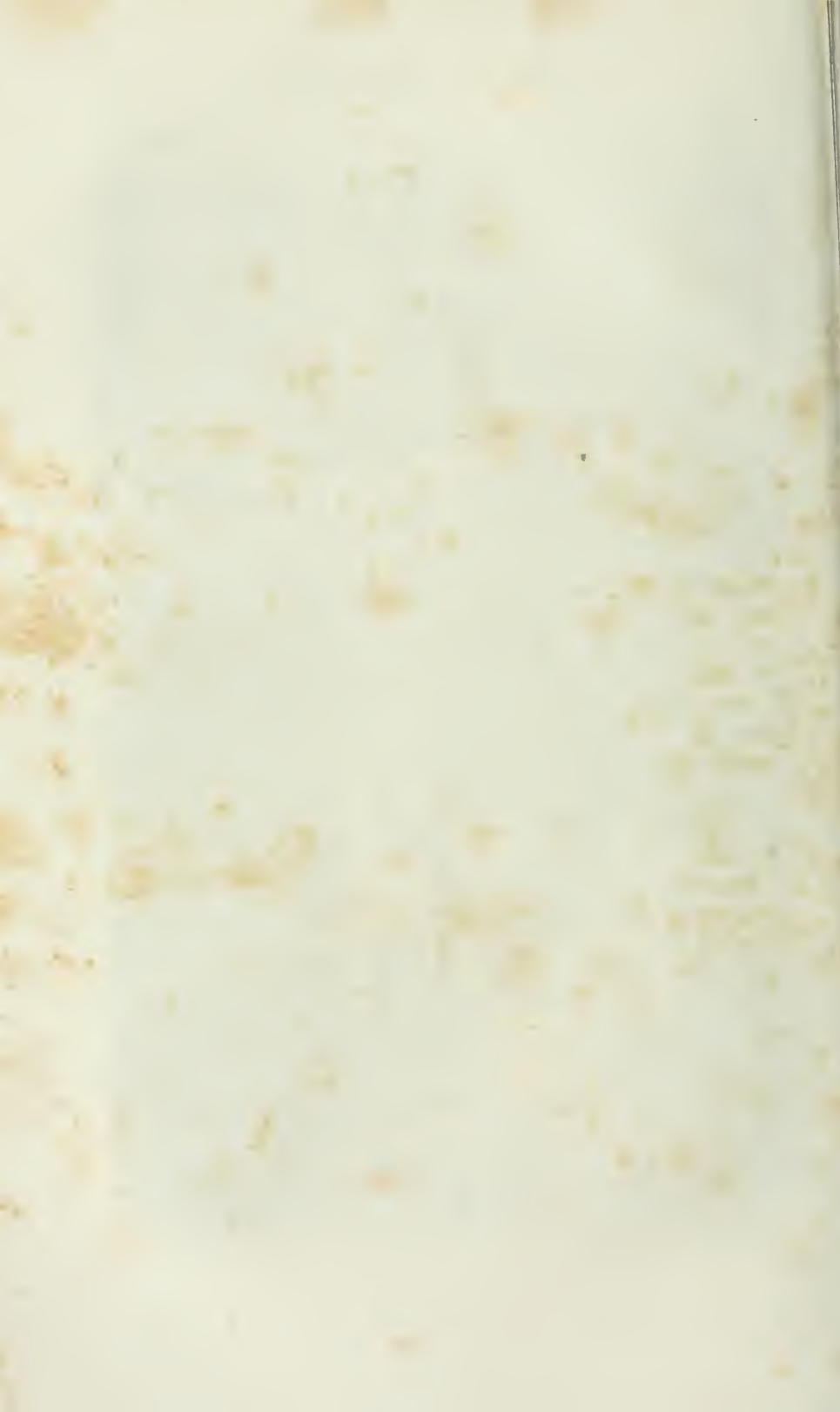
Si l'on jette un coup d'œil sur une carte de géographie, on verra très-nettement que presque tous les volcans dont nous venons de parler, aussi bien les volcans centraux que ceux en





Fig. 118. Le Jorullo, volcan du Mexique, d'après de Humboldt.





- séries, sont placés près de la mer. Ce n'est que par exception que l'on voit des bouches volcaniques à l'intérieur des continents.

Cette situation presque constante des volcans, c'est-à-dire leur voisinage des côtes maritimes, a conduit, de nos jours, à émettre une théorie de l'origine des volcans différente de celle que nous avons formulée et adoptée dans cet ouvrage. Cette théorie explique les phénomènes volcaniques par une communication avec l'extérieur, de la lave liquide qui se trouve dans les profondeurs du globe. Considérant que les bouches volcaniques avoisinent presque toujours la mer, on a pensé que le phénomène des éruptions est dû à la communication qui peut s'établir entre le bassin de la mer et l'intérieur de la terre, à une très-grande profondeur, là où la température est prodigieusement élevée. Il s'établirait une communication entre la mer et les parties profondes et brûlantes du sol, et dès lors l'eau réduite en vapeur, ou décomposée par la chaleur intérieure du globe, se ferait jour au dehors, en disloquant les couches qui pèsent sur ces vapeurs et ces gaz. Ainsi se produiraient les tremblements de terre et les éruptions volcaniques.

Ce qui confirme cette théorie, c'est que la presque totalité des vapeurs et gaz qui s'échappent des cratères est composée de vapeur d'eau. La prétendue *fumée* des volcans n'est autre chose que de la vapeur d'eau, et la lave, quand elle coule au dehors et qu'elle se refroidit, laisse dégager des quantités considérables de vapeur d'eau. D'après M. Ch. Sainte-Claire-Deville, les 99 centièmes de la *fumée* des volcans sont composés de vapeur d'eau. M. Fouqué a calculé que le cratère de l'Etna, pendant l'éruption de 1865, lançait des colonnes de vapeur d'eau, qui, à l'état liquide, auraient représenté l'écoulement d'un ruisseau donnant 250 litres d'eau par seconde. Il arrive souvent que la vapeur d'eau lancée par un cratère se résout en eau liquide et retombe sous forme de pluie, le long des flancs de la montagne. Ce serait donc l'eau de la mer qui, mise en communication avec l'intérieur, se répandrait au dehors en vapeur.

La composition des gaz qui sont lancés par les volcans, en même temps que la vapeur d'eau, montre que c'est bien de

l'eau de mer que doivent provenir ces produits. Du gaz acide chlorhydrique, des chlorures, de la soude, des sels ammoniacaux, tels sont les produits qui sont lancés des cratères ou qui tapissent leurs bords. Le sel marin provenant de l'eau de la mer peut fournir, par sa décomposition, ce gaz chlorhydrique et ces chlorures.

Les matières qui constituent la lave proprement dite sont d'origine terrestre et proviennent des roches fondues par la chaleur ou réduites à l'état pâteux. Ce sont des silicates d'alumine, de potasse ou de chaux, combinés à beaucoup d'eau. Le fer entre aussi dans la composition des laves, et c'est le chlorure de fer qui colore en jaune les bords de beaucoup de cratères. Nous avons remarqué, pendant notre ascension au cratère du Vésuve, en 1865, que ses bords étaient teints d'une coloration rougeâtre qui nous rappelait complètement la couleur du chlorure de fer de nos laboratoires.

Ainsi, d'après la nouvelle théorie que des chimistes français, comme M. Sainte-Claire-Deville, et des géologues, comme Daubrée, soutiennent, avec preuves à l'appui, les éruptions volcaniques ne seraient que des phénomènes locaux et accidentels. D'après leurs calculs, l'eau de la mer, pénétrant à une profondeur de 15 kilomètres au-dessous de la surface du sol, y trouverait une température suffisante pour que la vapeur et les gaz résultant de sa décomposition aient une force de 1500 atmosphères. Cette tension serait assez énergique pour soulever les assises terrestres ou liquides qui les surmontent, et pour chasser au dehors des colonnes de vapeur d'eau et de gaz. C'est par cette pression s'exerçant sur les laves, c'est-à-dire sur la terre fondue, que ces laves liquides pourraient s'élever au niveau du sol et couler à sa surface, mêlés à des torrents de vapeur d'eau.

Cette théorie compte aujourd'hui en sa faveur beaucoup de partisans. Toutefois nous restons, pour le moment du moins, fidèle à l'ancienne théorie, c'est-à-dire à l'hypothèse de la simple et libre communication entre la matière liquide qui occupe l'intérieur du globe et la surface du sol. Il est, en effet, une objection à laquelle n'ont pas encore répondu les partisans de la nouvelle théorie des volcans. On se demande pourquoi la vapeur d'eau et les gaz, portés à une prodigieuse

gieuse température et animés d'une puissance mécanique, d'une tension énorme, au lieu de soulever la roche qui les surmonte, et de fracturer l'écorce solide du globe, ne remontent pas purement et simplement vers la mer, par le canal qui a établi la communication entre l'intérieur de la terre et le bassin de la mer. Comment se fait-il que la vapeur se promène sous les assises du sol et les soulève en cône volcanique, alors qu'elle pourrait simplement, par l'effet de la pression, remonter par le même chemin que l'eau liquide a suivi pour descendre? Cette objection étant restée jusqu'à ce moment sans réponse, nous ne pouvons accorder une entière adhésion au système nouveau d'explication, fourni par la physique et la mécanique, des phénomènes des tremblements de terre et des volcans.

#### VOLCANS SOUS-MARINS.

Au-dessous du bassin des mers, le sol s'entr'ouvre quelquefois, à la suite de tremblements de terre, et un volcan surgit du sein des eaux. Les volcans sous-marins ne sont pas rares; leurs débris accumulés forment de véritables îles, et plusieurs îles actuelles, telles que l'Islande et la Sicile, en Europe, ne sont en grande partie que des produits d'éruption volcanique. Cependant il est rare que les îlots formés par les déjections d'un volcan persistent, car les matières meubles qui les constituent ne tardent pas à être emportées par l'action incessante des vagues.

On a vu, de nos jours, se former une île nouvelle au sein de la Méditerranée : c'est l'île *Ferdinanda* ou *Julia*, qui, apparue au mois de juillet 1831 au nord-ouest de la Sicile, s'abîma deux mois après sous les vagues. Nous donnerons quelques renseignements précis sur cette curieuse apparition, si vite évanouie.

Si l'île dont il s'agit n'était pas déjà intéressante par son origine, elle le serait par la multiplicité de baptêmes qu'on a voulu lui faire subir. Elle a porté sept noms. On voulut d'abord l'appeler *Sciacca*, du nom de la petite ville sicilienne dont elle était voisine; ensuite *Nerita*, parce qu'on croyait qu'elle avait fait saillie sur le banc de Nerita, dont la position est in-



diquée sur les cartes de l'amiral Smith. Mais on reconnut bien vite que le nouvel îlot n'était nullement placé sur le point où se trouve l'écueil de Nerita, qui est, au contraire, situé sur un fond de 150 à 200 mètres d'eau; on abandonna dès lors une désignation qui aurait pu donner lieu à des erreurs graves. M. Constant Prévost, le plénipotentiaire scientifique que l'Académie des sciences de Paris avait expédié en toute hâte sur les lieux, pour étudier l'île nouvelle au point de vue géologique, convint avec l'équipage du brick *la Flèche* de lui donner le nom de *Julia*, « nom sonore, dit le savant géologue, dont la terminaison italienne et harmonieuse pourrait facilement être adoptée par les habitants les plus rapprochés. » Le nom de *Julia* devait d'ailleurs rappeler le mois de juillet, pendant lequel l'île s'était montrée pour la première fois. Quelques auteurs la désignent encore sous le nom du capitaine sicilien *Corrao*, ou sous celui du vice-amiral anglais *Hotham*, qui l'avaient aperçue les premiers au moment de son apparition sur les eaux. Enfin, la Société Royale de Londres a adopté le nom de *Graham*, proposé par le capitaine anglais Lenhouse, qui le premier mit le pied sur cette terre vierge. Mais le nom d'*île Ferdinanda*, choisi en l'honneur du roi de Naples, a prévalu plus tard pour désigner cette île, éphémère comme la couronne du roi Ferdinand.

C'est peut-être pour mettre d'accord tous les étymologistes et terminer le débat des nations, empressées à se disputer le nom et la possession de cette terre nouvelle, que l'île *Ferdinanda* disparut un beau matin, comme elle était venue, ôtant ainsi tout prétexte à contestation de peuple à peuple.

L'île *Ferdinanda*, qui surgit inopinément en 1831, était le résultat d'une véritable éruption volcanique opérée au sein de la Méditerranée, un volcan qui dépendait probablement de l'Etna et qui s'ouvrit dans le lit de la mer. Les déjections du volcan finirent par combler la profondeur d'eau de 150 à 200 mètres que la Méditerranée présente en ce point, et leurs produits accumulés, dépassant le niveau de la mer, formèrent une île s'élevant d'une certaine hauteur au-dessus des eaux.

Tous les petits îlots situés entre la Sicile et l'Afrique sont de formation volcanique et se rattachent à l'Etna. Parmi ces

îlots, on remarque surtout l'île *Pantellaria*, située à peu près à mi-chemin entre la côte sud-ouest de la Sicile et le golfe de Bone, en Afrique. C'est un îlot presque désert, dont le sol calciné nourrit à peine quelques chèvres. Si l'on tire une ligne droite de cette île vers l'Etna, cette ligne passe à travers la petite ville de Sciacca, qui s'étend sur la côte sud-ouest de la Sicile. C'est en face de cette ville, à moitié distance entre la côte et l'île *Pantellaria*, par 37 degrés 8 minutes 30 secondes de latitude nord et 12 degrés 42 minutes 15 secondes de longitude orientale, qu'en 1831 se forma, en pleine mer, le volcan qui, par ses déjections entassées, composa une île nouvelle. Les Anglais se hâtèrent d'en prendre possession, comme si toute terre ignorée ou nouvellement apparue devait revenir de droit au sceptre de la fière et envahissante Albion. L'île Julia disparut deux mois après sous les eaux. Était-ce pour échapper à la domination anglaise? C'est ce que dirent les Siciliens.

Quelques phénomènes précurseurs avaient annoncé l'étrange phénomène. Depuis le 28 juin jusqu'au 2 juillet 1831, on avait ressenti, à Sciacca, de légères secousses, que l'on avait attribuées au voisinage de l'Etna. Le 8 juillet, le brigantin sicilien *il Gustavo* passait au large, à 6 milles de distance de Sciacca; tout à coup, l'équipage aperçut, en mer, un jet d'eau de cent pieds de hauteur qui s'élança pendant dix minutes avec un bruit de tonnerre, pour retomber ensuite, et renouveler les mêmes accès de quart d'heure en quart d'heure. La colonne d'eau jaillissante produisait un nuage épais qui planait sur la mer, alors très-agitée. Les flots, couverts d'une écume rous-sâtre, charriaient beaucoup de poissons morts. Selon le capitaine du *Gustavo*, Jean Corrao, le 10 juillet, la colonne d'eau avait 20 mètres de hauteur et 800 mètres de circonférence; le jet de vapeur épaisse, qui succéda au jet liquide, s'élevait jusqu'à 550 mètres de hauteur, d'après l'estimation du même marin.

Sir Pulteney Malcolm, qui naviguait sur le même point le 28 juin, n'avait rien aperçu; il ressentit seulement de fortes secousses sous-marines, comme si son vaisseau eût touché un banc de sable.

Pendant que surgissait, au milieu des eaux, le jet volcanique

on ne se doutait encore de rien sur les côtes de la Sicile. Un brouillard épais y voilait l'horizon. Mais le 12 juillet les habitants de Sciacca sentirent l'air imprégné d'une forte odeur d'acide sulfureux, et ils virent flotter sur la mer de petites scories noires et très-poreuses, qui étaient poussées par la brise jusqu'au rivage, où elles formaient une couche d'un décimètre d'épaisseur. Les barques des pêcheurs pouvaient à peine avancer sur la mer, tant elle charriait de débris volcaniques, et un grand nombre de poissons morts flottaient à la surface de l'eau.

Le lendemain, on vit de Sciacca apparaître en mer une colonne de fumée qui, le soir et pendant la nuit, prit une couleur de feu. Cette colonne fut visible toute la journée; on entendait de temps en temps des détonations, et pendant la nuit on voyait des éclairs sillonner le nuage de fumée et de vapeur.

Le 18 juillet, le capitaine Corrao découvrit, en ce point, un îlot haut de 3 ou 4 mètres, avec un cratère à son centre, d'où sortaient des matières volcaniques et d'énormes jets de vapeur. Le cratère du volcan s'était élevé peu à peu et avait fini par former une île avec ses déjections accumulées. Les scories qui couvraient la mer autour du nouvel îlot volcanique étaient de couleur chocolat; l'eau qui bouillonnait dans le bassin circulaire du cratère offrait une teinte rougeâtre.

Le même jour, un petit bâtiment anglais, envoyé par le vice-amiral Hotham, estima la hauteur de l'îlot à 24 mètres, évaluation bien différente de celle de Corrao, et sa circonférence à 1400 mètres; la mer communiquait dans le cirque intérieur par une échancrure.

L'éruption continua avec une grande violence jusqu'à la fin de juillet. A cette époque, l'île fut visitée par le capitaine Swinburne et par Hoffmann, célèbre géologue prussien, qui s'occupait spécialement de l'étude des volcans, et à qui la géologie doit de précieuses observations *de visu* sur ce genre de phénomènes.

Ce ne fut qu'avec beaucoup de peine qu'Hoffmann parvint à déterminer les pêcheurs de Sciacca à le transporter jusque dans le voisinage de l'île volcanique. Leur effroi était si grand, et d'ailleurs si naturel, en présence de la violence de l'éruption qu'il fallait aller affronter dans une frêle embarcation, qu'Hoffmann ne put les décider à prendre la mer qu'en faisant, en

cas de mort, des legs et autres dispositions testamentaires en leur faveur, et en leur accordant une rémunération exorbitante. Vaincus par les largesses du savant prussien, les pêcheurs frèrèrent une embarcation destinée à explorer les alentours du volcan.

Il était plus éloigné qu'on ne le pensait. Ce ne fut qu'après avoir vogué toute la nuit qu'Hoffmann put, le 24 juillet, s'approcher de l'îlot volcanique jusqu'à la distance d'un quart de lieue. Il était impossible d'approcher davantage. Les scories embrasées pleuvaient jusque sur la barque, et l'agitation extraordinaire des flots ne permettait pas d'avancer. On était pourtant assez près pour observer l'éruption.

Le diamètre du cratère était, selon Hoffmann, de 200 mètres. Les contours s'agrandissaient, et ils s'agrandissaient sous ses yeux par les scories qui retombaient continuellement sur ses bords. De grands ballons de vapeur d'eau se dégageaient de la bouche du volcan avec une extrême violence, mais sans aucun bruit. Le mélange de ces vapeurs d'eau et d'autres déjections composait une colonne lumineuse dont la hauteur dépassait 600 mètres. De temps en temps, cette colonne tourbillonnante était traversée par un jet de scories noires, rapides comme l'éclair. Mais c'est surtout dans les éruptions de matières solides que la magnificence du phénomène se montrait dans tout son éclat. Une colonne épaisse de fumée noire s'élevait alors avec une violence inouïe, menaçante et sombre, à côté de la blanche colonne formée de vapeur d'eau. Elle formait dans les airs, à une hauteur de 200 mètres, une gerbe, un panache, qui rappelait par sa forme un plumeau, un parapluie, ou, pour prendre une comparaison moins triviale, qui rappelait cette forme célèbre du pin d'Italie, que tout le monde a invoquée depuis Pline pour donner l'idée de la colonne de vapeur qui s'élève du Vésuve en éruption.

Dans cette colonne on voyait danser et tourbillonner des cendres, des pierres, des scories et toutes sortes de débris volcaniques, qui retombaient ensuite dans les eaux environnantes. Chaque pierre lancée un peu haut traînait une queue de sable noir, qui lui donnait l'aspect d'une comète infernale. Tout cela dessinait sur le fond bleu du ciel des figures bizarres, étoilées de gerbes de fusées noires, sillonnées de traits de feu.



Les eaux échauffées par les masses incandescentes qui ne cessaient d'y pleuvoir, bouillonnaient violemment, et entouraient toute la circonférence de l'île d'un immense nuage de vapeurs blanches. Les pierres, s'entrechoquant dans l'air, produisaient un bruit semblable à celui d'une forte averse ou d'une chute de grêle. Le cratère ne lançait point de flammes ; mais des éclairs, des étincelles électriques traversaient la fumée noire qui s'en exhalait, et le tonnerre ne cessait de gronder au sein du nuage.

Ces accès duraient toujours huit à dix minutes, quelquefois même une heure entière ; puis tout rentrait dans le calme, et les ballons de vapeur, d'un blanc de neige, dominaient seuls le cratère silencieux.

Hoffmann a publié dans les journaux allemands le récit de sa curieuse visite à l'île Julia. Il donne à l'île une hauteur de 15 à 28 mètres, et une circonférence de trois quarts de mille.

La figure 119 représente l'île Julia (Ferdinanda), d'après une aquarelle faite sur les lieux, au mois d'août 1831, par un peintre italien, M. Kellin, et donnée par l'auteur à M. Constant Prévost. Nous en devons la communication à l'obligeance de M. Desnoyers, bibliothécaire du Muséum d'histoire naturelle.

Le 3 août, le capitaine Savy de Mondiol vit de loin l'île Julia. Elle lui parut assez basse ; il en sortait toujours une énorme colonne de fumée. Suivant d'autres récits, son élévation était, le 4 août, de plus de 60 mètres, et elle avait 5 à 6 kilomètres de tour.

Après cette époque, le petit îlot commença à être rongé par les vagues. Les matériaux qui le composaient étaient essentiellement meubles. Les scories, les basaltes et autres déjections volcaniques qui formaient cette terre nouvelle, n'étaient réunies par aucune matière adhésive intermédiaire, par aucun ciment naturel. Elles ne pouvaient donc résister longtemps aux chocs répétés des lames. Le 25 août, l'île Ferdinanda n'avait plus que 4 kilomètres de circonférence, et lorsqu'elle fut examinée, le 3 septembre, par le capitaine Wodehouse, qui l'avait déjà dessinée le 7 août, son circuit était déjà réduit à 1 kilomètre. A cette époque, sa plus grande hauteur au-dessus de l'eau était de 33 mètres ; le cratère avait environ 240 mètres de tour



Fig. 119. Vue de l'île Jalia (Ferdinanda) au mois d'août 1831, d'après le dessin original de M. Kellin.



Les éruptions cessèrent complètement le 12 août; mais en même temps commencèrent dans le public les appréhensions, escortées de mille hypothèses chagrines. Le soleil, qui éclairait depuis un mois cette scène insolite, avait revêtu ces couleurs blafardes que les anciens regardaient comme le présage des grands désastres. Le ciel, obscurci pendant le jour, était sillonné pendant la nuit de lueurs électriques; il semblait entretenir avec l'abîme un colloque effrayant, dans lequel s'agitait la destinée des peuples. Que signifiait, en effet, ce nouveau volcan, cette île surgie inopinément du sein des flots? La communication déjà si difficile de l'Italie avec l'Orient, allait-elle le devenir davantage? De nouveaux écueils allaient-ils rétrécir le canal de Sicile, que bordent des côtes si dangereuses? Cette terre, récemment exondée, n'était-elle que le premier point visible, l'avant-coureur, le premier chaînon d'une longue chaîne sous-marine, qui allait bientôt apparaître à la surface des eaux, pour former un pont naturel qui joindrait la Sicile à l'Afrique? Le canal de Messine allait-il devenir ce que sont les Dardanelles pour la mer Noire, et changer ainsi les relations des peuples de l'Europe et de l'Afrique? Ne fallait-il pas enfin voir dans cet événement le prélude d'une grande catastrophe géologique?

En présence de tant de sujets d'inquiétude, le public était en proie, au moins sur les côtes méditerranéennes, à de sérieuses préoccupations. Aussi les savants pressaient-ils leurs gouvernements respectifs de faire procéder à des études attentives, effectuées sur les lieux. Le gouvernement français décida que le brick *la Flèche*, commandé par le capitaine Lapierre, irait reconnaître la position exacte de l'île, et éclairer les navigateurs sur la nature de ce soulèvement géologique. M. Constant Prévost, géologue justement renommé, fut désigné par l'Académie des sciences pour monter à bord de *la Flèche*, et aller recueillir dans l'île Ferdinanda les observations propres à élucider la question. M. Constant Prévost s'adjoignit M. Edmond Joinville, habile dessinateur qui connaissait bien la Sicile.

On quitta Toulon le 16 septembre 1831, et après avoir franchi le canal qui sépare la Corse de la Sardaigne, on arriva, le 25, en vue du nouveau volcan. Il fallut y louvoyer, à cause



des tempêtes, jusqu'au 29, jour où l'équipage de *la Flèche* parvint à atteindre l'îlot.

L'îlot de Ferdinanda était alors une masse noire, d'un pourtour de 700 mètres sur 70 mètres de hauteur. Deux pitons séparés par un large vallon s'élevaient au-dessus du cratère. Les bords de l'île étaient coupés à pic et offraient partout des arêtes vives, excepté du côté où des nuages de vapeur sortaient encore avec abondance du sol. Cette vapeur s'échappait tout à la fois de la surface de la mer et d'une cavité intérieure.

La couleur brune et parfois grasse des murs abrupts de l'îlot semblait indiquer une roche massive; on aurait cru voir un cirque de basalte ou de serpentine. Mais les observations ultérieures montrèrent qu'il était entièrement formé de scories et de matériaux meubles.

Le 28, à midi, M. Constant Prévost arriva en canot sur les brisants, qui étaient produits par les lames frappant avec force contre une plage courte, se terminant brusquement par une pente rapide. De couleur vert jaunâtre, l'eau avait une saveur acide. Un sondage exécuté non loin du rivage fit reconnaître le fond à 40 ou 50 brasses.

Ce jour-là, M. de Groulecroiy, élève de première classe, réussit, accompagné de deux matelots, à aborder l'îlot à la nage. Il s'avança jusqu'au cratère, et rapporta des échantillons de scories, parmi lesquels M. Prévost trouva un fragment de calcaire.

Le lendemain 29, un canot, muni de tous les instruments d'observation nécessaires, put débarquer dans l'île. M. Joinville dessina le cratère, qui était en ce moment rempli d'eau douce. On puisa de l'eau dans ce bassin circulaire, d'environ 60 mètres de diamètre, et on en remplit des bouteilles. Cette eau, de couleur roussâtre, était à la température de 95 à 98° centigrades. Elle paraissait bouillante par la quantité de vapeurs qui s'en dégageaient; les mêmes dégagements de vapeurs avaient lieu d'ailleurs par toutes les fissures du terrain.

Le sol de la plage, baigné par la mer, était brûlant; le thermomètre y marquait de 81 à 85°. L'eau qui restait dans des dépressions semblait bouillir, mais elle n'était pas tout à fait à 100°. M. Constant Prévost, ayant enfoncé la main dans le sable, le trouva frais à quelques pouces de profondeur; mais

son doigt ayant rencontré une bulle de gaz, qui s'élevait à travers le sol, il se brûla à ce contact. Chacune de ces bulles de gaz, qui sortaient d'une grande profondeur, projetait, avec une faible détonation, du sable et des cendres, représentant ainsi une petite bouche d'éruption.

Parmi ces milliers de volcans en miniature, M. Prévost en fit remarquer un qui lui servit à donner à ses compagnons de voyage une idée de la formation de l'île Julia. Il avait environ

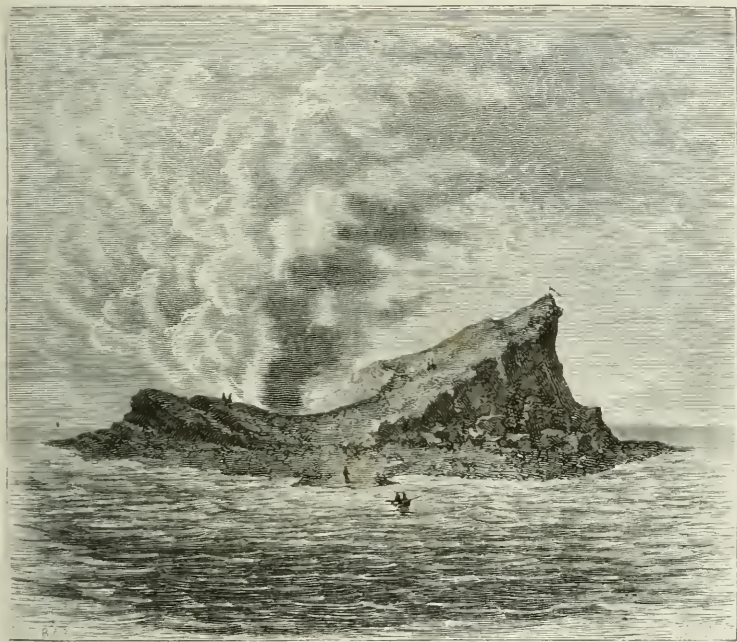


Fig. 120. Vue du cratère de l'île Julia, le 29 septembre 1831, d'après le mémoire de M. Constant Prévost.

1 pied de diamètre sur 5 à 6 pouces de haut. Cette espèce de taupinière était formée par le sable et les scories qui, lancées continuellement à 2 pieds de hauteur, retombaient autour de la petite bouche d'éruption. En faisant ébouler les parois extérieures de ce cône, et imitant ainsi l'action des eaux de la mer sur le nouvel îlot, M. Prévost en fit un cratère en tout semblable à celui de l'île Julia.

Les gaz qui s'échappaient par les fentes du sol étaient sans

odeur et non inflammables; mais, à quelques pas du cratère, on voyait se dégager des vapeurs sulfureuses qui déposaient du soufre et du sel. Les scories meubles et les matières pulvérulentes qui composaient le sol étaient brûlantes et gênaient la marche. M. Prévost trouva quelques blocs dont le centre avait l'aspect de la lave. En un mot, le géologue français arriva à cette conclusion que l'île Ferdinanda était la bouche même du volcan, un *cratère d'éruption*, c'est-à-dire une agglomération



Fig. 121. Aspect intérieur de l'île Julia, le 29 septembre 1831, d'après le mémoire de M. Constant Prévost.

mération en forme de cône, de matériaux entassés autour d'un conduit volcanique.

Les parois de l'îlot, tournées vers l'intérieur, avaient une inclinaison de  $45^{\circ}$  vers le cratère; on y remarquait des couches parallèles alternantes et superposées; du côté extérieur, la stratification des mêmes matériaux avait lieu en sens opposé. La coupure à pic des falaises paraissait être un effet de l'action des vagues.

M. Constant Prévost prédit, d'après l'inspection des lieux, que le choc des vagues abaisserait graduellement le tas de scories qui formait l'île Ferdinanda, jusqu'à en faire un banc volcanique sous-marin, soutenu par une ceinture de rochers, qu'il supposait avoir été soulevés du fond de la mer.

En effet, vers la fin d'octobre, il ne restait plus de l'île Ferdinanda qu'un monticule de sable et de scories, et six mois après tout avait disparu.

Au commencement de l'année 1832, le capitaine Swinburne ne trouva qu'un haut-fond en ce point. Vers la fin de 1833, il y existait un récif dangereux, de forme ovale, de près d'un kilomètre de long. A son centre, et à 3 mètres sous l'eau, on apercevait un rocher noir, d'environ 50 mètres de largeur, entouré de sable et de roches volcaniques. A 140 mètres au sud-ouest du grand récif, il existait un second récif entouré, comme le premier, d'une mer profonde, et provenant d'une seconde éruption survenue au mois d'août 1831 au sud-ouest de l'île Julia. Ces roches semblaient être de la lave solide renfermant de l'augite.

Quelques années plus tard, d'après M. C. Vogt, qui avance ce fait dans ses *Leçons de géologie*, la sonde n'indiquait plus aucune trace de relèvement du sol. Toute cette montagne, de 240 mètres d'élévation, composée de scories entassées, avait été balayée par la mer.

Dans le travail que M. Constant Prévost a publié sur l'île Julia, l'auteur établit, par l'examen géologique du sol de la Pantellaria, et de celui de la côte la plus voisine de la nouvelle île, de même que par un grand nombre de témoignages historiques, que, depuis plus de trois siècles, l'espace au milieu duquel a surgi le volcan sous-marin est un des plus agités de cette partie de l'Europe, si bien que dans l'un de ses ouvrages le savant abbé Ferrara avait, pour ainsi dire, prédit l'événement qui a causé tant d'étonnement de nos jours. L'île de Pantellaria a été agitée anciennement de secousses considérables, mais depuis 1740 elle avait été exempte de tremblements jusqu'en 1816, où l'on y ressentit des mouvements qui s'étendirent sur la côte opposée de Sicile, et pareils à ceux qui ont précédé la naissance de l'île Ferdinanda en 1831. Ces secousses ont toujours eu lieu dans la direction du sud-ouest au nord-



est, c'est-à-dire dans le sens de la ligne des volcans de cette contrée.

On croit avoir observé, au commencement de l'année 1864, que l'île Ferdinanda remonte, et que le fond de la mer est en ce moment peu éloigné de la surface. Si ce phénomène était réel, il n'aurait, d'après l'exposé rétrospectif que nous venons de présenter, rien qui doive surprendre : ce serait une nouvelle éruption du même volcan sous-marin qui se préparerait, et qui donnera peut-être le merveilleux spectacle que le géologue Hoffmann alla contempler, en 1831. au péril de sa vie.

On connaît plus d'un autre exemple de l'apparition éphémère d'une île due à l'effet d'action volcanique. Nous avons déjà parlé de l'île *Ny-Oë* (p. 366) et de l'île *Hiera* (p. 381).

L'apparition de laves qui a été le mieux étudiée de nos jours et qui a excité le plus vivement l'attention publique, est celle qui a eu pour théâtre la baie de l'île de Santorin, dans l'archipel Grec, et qui a eu pour résultat la formation d'un nouveau promontoire dans l'une des îles *Kaiméni*.

La formation de monticules de laves qui s'est opérée en 1866 près de l'île de Santorin (qui appartient au groupe des Cyclades méridionales) mérite d'être racontée avec quelques détails.

Nous n'apprendrons rien à personne en disant que les phénomènes volcaniques, les bouleversements sous-marins, sont chose fréquente dans l'archipel Grec. Depuis les temps historiques, ces parages ont été agités par des convulsions du sol, et la rade de Santorin est peuplée de petites îles vomies par la mer.

Santorin, l'ancienne *Théra*, est une île d'origine volcanique incontestable. Depuis deux mille ans, la nature semble y travailler sans relâche à former un volcan au milieu du vaste cratère circulaire dont cette île constitue le bord oriental. Santorin occupe à elle seule les deux tiers du circuit, et se compose principalement de matière volcanique, à l'exception de la partie sud, qui est formée de calcaires grenus et de schistes argileux, d'après M. Virlet. Le reste de la circonférence du cirque volcanique est occupé, en partie, par des îles plus petites, *Therasia* et *Aspronisi* (fig. 122).

Dans l'intérieur du golfe se voient encore trois îlots, appelés



à l'île *Hiera*, ou île *Sacrée*, que l'on appelle encore aujourd'hui *Hiera-Nisos*, ou *Paleo-Kaiméni* (*ancienne île brûlée*).

*Hiera* elle-même s'agrandit en 726 et en 1427, par le soulèvement du sol voisin, avec accompagnement de violentes éruptions volcaniques.

En 1573, on vit apparaître la petite île de *Micro-Kaiméni* (*petite île brûlée*), formée par les déjections d'un cratère conique de 30 mètres de hauteur.

Le 27 septembre 1650, une éruption très-violente se manifesta en dehors du golfe de Santorin. Elle dura trois mois. La quantité de cendres lancée par le volcan était si considérable, que la poussière volcanique fut transportée jusqu'à Constantinople et Smyrne.

Cette éruption ne produisit aucune île nouvelle, mais le fond de la mer se trouva considérablement exhaussé. Les vapeurs sulfureuses qui se dégageaient pendant cette révolution sous-marine firent périr dans l'île de Santorin plus de cinquante personnes et un millier d'animaux domestiques. Une vague de 15 mètres de hauteur vint inonder des îles éloignées de plusieurs lieues et renversa deux églises à Santorin même. Mais ce qui est plus curieux, c'est que la même éruption mit à découvert les ruines de deux villages, un de chaque côté de la montagne de Saint-Étienne. Ils avaient été probablement ensevelis autrefois sous les cendres de quelque volcan, à l'instar d'Herculanum et de Pompéi.

Au mois de mai 1707, Santorin éprouva de nouvelles secousses de tremblements de terre. Le 23, au point du jour, les marins aperçurent, entre la Vieille et la Petite-Kaiméni, un objet qu'ils prirent d'abord pour la carcasse d'un vaisseau naufragé. Mais lorsqu'ils s'en approchèrent, ils reconnurent que c'était un rocher de pierre ponce blanche et poreuse qui était sorti des flots.

Le lendemain, les habitants de Santorin allèrent en foule visiter la nouvelle île, qui reçut le nom d'île *Blanche*. La roche était extrêmement friable, dit un témoin oculaire. Elle était couverte d'huîtres soulevées avec le fond de la mer. Ces huîtres furent mangées avec autant de plaisir que de curiosité par les leurs de l'île nouvelle.

l'île Blanche montait et s'arrondissait sans bruit. Vers le

milieu de juin, elle offrait une circonférence de plus d'un kilomètre. En même temps, la température de cette masse s'élevait rapidement, à tel point que l'île devint inabordable et que l'eau, tout autour, commença presque à bouillir.

Le 16 juin, on vit surgir, entre la nouvelle île et la Petite-Kaiméni, un grand nombre de rochers noirs. Deux jours après, ils lancèrent une épaisse fumée, et on entendit gronder le volcan sous-marin. Le 19, ces rochers s'étaient réunis et formaient une île qu'on appela l'île *Noire*. Ils vomissaient des flammes, des cendres, des pierres et des vapeurs sulfureuses. A la surface de l'eau flottaient d'innombrables poissons morts.

Cette éruption dura un an. Les déjections ne tardèrent pas à couvrir l'île Blanche. Il résulta finalement de cette convulsion sous-marine la Néo-Kaiméni (*nouvelle île brûlée*), qui a plus de 9 kilomètres de tour.

Le volcan de cette île fit encore éruption plusieurs fois, en 1711 et 1712, et donna naissance à un cône d'une centaine de mètres de hauteur.

Depuis cette époque, c'est-à-dire depuis plus de cent cinquante ans, les parages de Santorin étaient restés dans une tranquillité parfaite, lorsque tout à coup, dans les derniers jours de janvier 1866, des secousses de tremblement de terre annoncèrent le retour du terrible phénomène. Autour de l'îlot de Néo-Kaiméni la mer se colora en blanc.

C'était un indice certain d'émanations sulfureuses. La teinte blanche fut surtout prononcée dans le canal qui sépare l'Ancienne et la Nouvelle-Kaiméni : l'eau y bouillonnait comme dans une chaudière tenue sur le feu. En même temps, on entendit un bruit souterrain semblable à un roulement de tonnerre ou à une canonnade très-nourrie. Ce bruit persista plusieurs jours.

Dans la nuit du 30 au 31 janvier, les habitants de Santorin virent des flammes rouges, hautes de 3 à 4 mètres, s'élancer du fond de la mer dans le canal déjà mentionné. Le 31, au matin, l'eau prit une teinte rouge très-intense et un goût très-amer, dus très-probablement à la présence de sels de fer. L'île de Néo-Kaiméni continuait d'être agitée par des tremblements de terre. Vers midi, elle se fendit de part en part, et



un promontoire qui formait jusque-là le côté droit du port de Vulcano se détacha de l'île. De la fissure s'élevaient des vapeurs sulfureuses, qui, dès le 31 janvier, chassèrent les troupes de goëlands et d'autres oiseaux de mer accourus la veille pour se repaître des poissons dont les corps flottaient à la surface de l'eau.

Le 31, au soir, le sol de l'île commença à s'affaisser. En deux heures, il s'enfonça sous la mer de 60 centimètres. Cet affaissement continua durant la nuit, à raison de 10 centimètres par heure. Les flammes reparurent au milieu du canal entre les deux grandes Kaiménis. Le lendemain, 1<sup>er</sup> février, elles furent remplacées par d'épais nuages d'une fumée blanche, qui se dégageait avec un sifflement très-vif, en faisant bouillonner les flots.

L'affaissement de l'île se ralentit dans la matinée et ne fut plus que d'environ 5 centimètres par heure pendant la journée du 1<sup>er</sup> février. Dans la soirée, il s'arrêta tout à fait. Les secousses et les bruits souterrains continuaient toujours avec la même force. La fissure s'élargissait à vue d'œil; les roches qui la bordaient étaient brûlantes au toucher. Enfin, dans la partie sud-ouest de l'île, jusque-là complètement sèche, on vit se former cinq petits lacs d'une eau douce et transparente, qui prit, vers le soir, la teinte rouge et le goût amer déjà notés dans le canal extérieur.

Ces divers faits ont été constatés par M. le docteur Decigallos, qui se rendit à Néo-Kaiméni dans la matinée du 1<sup>er</sup> février, en compagnie de M. Nakos, sous-préfet de Santorin.

Dans la nuit suivante, on vit de nouveau s'élever du canal des flammes rouges, encore plus hautes que la veille. Au point du jour, elles firent place à une épaisse fumée très-noire.

Le sous-préfet de Santorin avait demandé au ministre de la marine hellénique d'envoyer sur le théâtre de cette éruption un bâtiment à vapeur qui pourrait, au besoin, aider au sauvetage des habitants menacés. *La Plixaura* arriva, en effet, à Santorin dans la matinée du 2 février.

Vers neuf heures, les officiers de ce navire se rendirent, en canot, dans le canal où se concentrait l'action volcanique. Ils y trouvèrent un écueil sous-marin, qui s'élevait avec une grande rapidité et n'était déjà plus qu'à une brassée de la surface. A

quatre heures du soir, l'écueil devenait île et émergeait du milieu des flots. L'île ainsi formée par une accumulation de

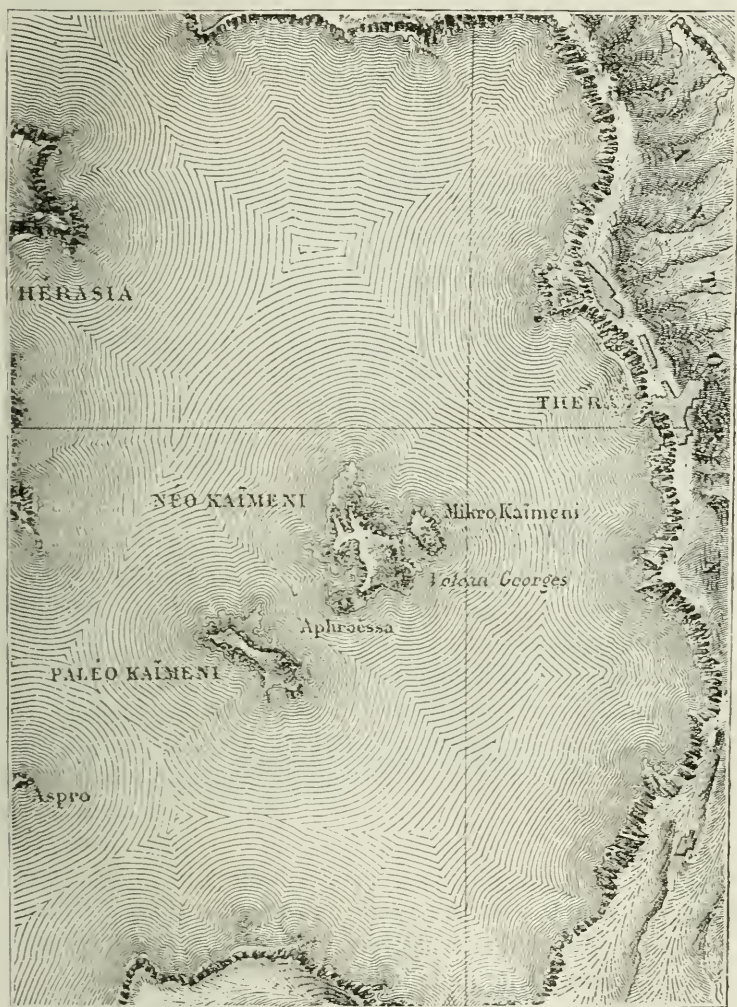


Fig. 123. Groupe des îles Kaimeni.

laves reçut le nom d'*île du Roi Georges*, du nom du roi des Hellènes (fig. 123).

Dès le 6 février, l'île du Roi Georges se réunit à Néo-Kai-

méni, dont elle ne constitue plus depuis ce jour qu'un simple promontoire dirigé du nord au sud.

Le 7 février, la pointe Georges atteignait 150 mètres de longueur, 60 de largeur et 30 de hauteur. En approchant tout près de ce point, on entendait un sourd mugissement, comme celui qui s'échappe d'une chaudière contenant de l'eau en ébullition.

D'après M. Lenormant, l'île du Roi-Georges s'élevait en cône, et paraissait formée d'une roche volcanique très-noire, et pareille à celle qui constitue les trois Kaiménis. De très-nombreuses fissures qui s'entre-croisaient laissaient apercevoir un noyau de lave incandescente qui, de temps à autre, s'échappait par les fissures en petite quantité, et se refroidissait aussitôt au contact de l'air.

Pendant la nuit, l'îlot offrait l'aspect d'un immense amas de braise allumée par-dessous. Par les fissures se dégageaient des vapeurs si intenses qu'elles enveloppaient toute l'île de Santorin d'un brouillard épais, à tel point que de quelque distance en mer on ne la distinguait plus. D'après M. le docteur Decigallos, la température de ces vapeurs, à leur sortie des fissures, était de 75 degrés à la base, de 27 au sommet. Elles répandaient, au début, une insupportable odeur sulfureuse. Dans la nuit du 6 au 7 février, on voyait tout l'îlot couvert de petites flammes rouges et bleues.

Le 13 février, une nouvelle accumulation de laves, un nouvel îlot, auquel on donna le nom d'*Aphroëssa*, sortit de la mer à environ 50 mètres de la côte, à l'ouest du cap Phlégo, dans l'endroit même où l'on avait observé les phénomènes précurseurs. Les blocs de lave qui constituaient Aphroëssa au moment de sa naissance, de même que ceux qui avaient formé l'île Georges, portaient à leur surface des huîtres et d'autres mollusques, comme en 1707. Le jour de son apparition, Aphroëssa s'enfonça et reparut alternativement trois ou quatre fois, et ne devint stable qu'à la fin de la journée.

Des sondages, exécutés à cette époque par les officiers de deux vaisseaux de la marine hellénique, au sud du promontoire Georges, firent reconnaître un soulèvement général du fond dans cet endroit. On pouvait donc s'attendre à de nouveaux événements.

Vers le 20 février, le volcan sous-marin prit un redouble-



ment d'activité. Il y eut des projections de pierres incandescentes, dont quelques-unes volumineuses. Un de ces blocs mit le feu à un navire et tua le capitaine. Deux membres de la commission scientifique envoyée à Santorin par le roi des Hellènes, et qui avait commencé ses observations le 10 février, furent blessés par ces pierres. Il y eut même quelques personnes tuées et un grand nombre plus ou moins grièvement blessées.

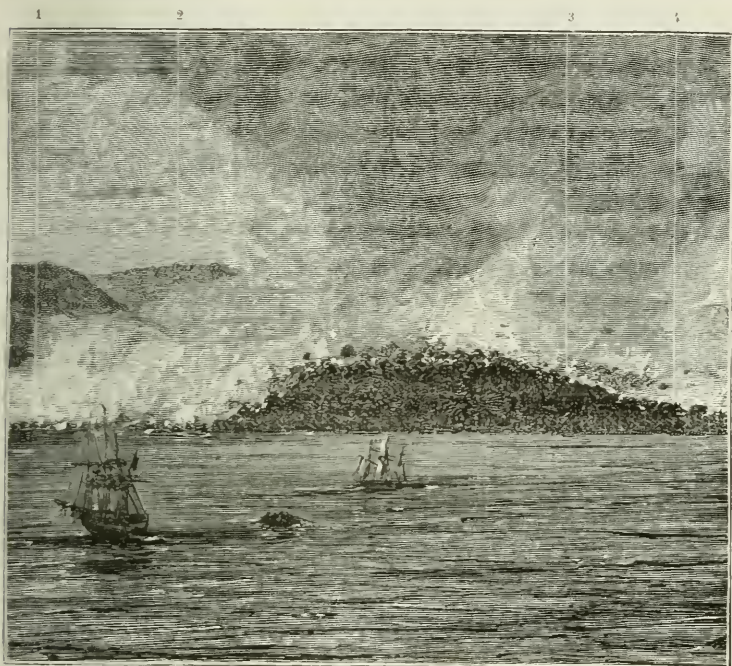


Fig. 124. Éruption volcanique de l'île de Santorin (février 1866), d'après une photographie prise par M. Lenormant.

1. Éruption d'Aphroëssa. — 2. Ville de Thira. — 3. L'un des côtés de la petite baie de Vulcano. — 4. Éruption de l'île du Roi Georges.

Jusqu'au 8 mars, personne n'osait plus s'aventurer près du lieu de l'éruption. Des blocs de plusieurs mètres cubes furent lancés à plus de cent mètres de distance ; d'autres, plus petits, jusqu'à deux cents et trois cents mètres. Parmi ces blocs, quelques-uns, qui furent trouvés ensuite sur le sol de Néo-Kaiméni, offraient l'aspect de bombes volcaniques, arrondies et sillonnées de déchirures, qui s'étaient probablement opérées au moment du refroidissement de ces masses incandescentes.



MM. Fouqué et de Verneuil, savants géologues, envoyés par l'Académie des sciences de Paris, arrivèrent dans la baie de Santorin et commencèrent le 9 mars leur tournée dans le golfe. Ils purent visiter le siège de l'éruption, grâce au concours obligeant des officiers du navire autrichien *Rêka*. Voici ce qu'ils trouvèrent.

L'île du Roi Georges, transformée en promontoire depuis le 6 février, offrait une élévation de 50 mètres et s'avancait à plus de 100 mètres dans la mer. Le promontoire Georges occupait à peu près le milieu entre les deux caps qui terminent la Nouvelle-Kaiméni du côté du sud.

Un second îlot, qui a reçu le nom d'*Aphroëssa*, apparut le 13 février, dans le canal compris entre la Nouvelle et l'Ancienne Kaiméni, en face du capsud-ouest de la première de ces îles. Le 12 mars, il n'en était plus séparé que par un intervalle de 10 mètres, et la profondeur de ce détroit allait toujours en diminuant.

La figure 124 représente l'éruption de l'île du Roi Georges et de l'îlot d'*Aphroëssa*, d'après une photographie prise le 27 mars par M. Lenormant. La légende qui accompagne cette figure explique chaque détail topographique de cet intéressant tableau.

L'îlot d'*Aphroëssa* forme un cône circulaire d'une centaine de mètres de diamètre; il s'élève à 15 ou 20 mètres au-dessus de la surface de l'eau. Comme le promontoire Georges, il se compose extérieurement de lave noire, vitreuse, qui ressemble à une obsidienne imparfaite, parsemée de cristaux de feldspath vitreux. On dirait un énorme champignon de lave incandescente, revêtu de blocs solidifiés qui s'écroulent sans cesse sur le pourtour. D'énormes crevasses laissent apercevoir, même en plein jour, la lave en fusion.

Le 10 mars, M. Fouqué faisait le tour de l'île *Aphroëssa* sur un canot de la frégate autrichienne *Rêka*, lorsqu'il s'aperçut que pendant la nuit cette île avait fait des petits. Un nouvel îlot était sorti de la mer à 10 mètres de distance du premier.

Le diamètre de ce nouvel îlot était de 30 à 40 mètres. Il dominait la mer de 1 mètre et demi. Sa composition fut trouvée identique avec celle des deux autres îlots volcaniques. On le baptisa du nom de *Rêka*, en l'honneur du navire autrichien qui avait, pendant deux jours, dirigé nos savants au milieu de ces parages dangereux.

Le promontoire du Roi Georges, l'île Aphroëssa et l'îlot Réka se trouvent placés le long d'une même ligne droite qui court de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest. Sur toute cette ligne, la température du sol était fort élevée; l'eau était à la température d'environ 60 degrés. Elle était blanche comme du lait; cette couleur lui venait du soufre abandonné par le gaz sulfhydrique. Une longue ligne de fumeroles sulfureuses marquait à la surface de l'eau le trajet de la fissure volcanique.

Le 13 mars, l'îlot Réka se réunit à Aphroëssa; enfin, le 19, le canal qui séparait Aphroëssa de Néo-Kaiméni fut comblé à son tour.

Il se trouve, en fin de compte, que cette île s'est accrue seulement de deux caps nouveaux. L'un, formé par l'ancienne île Georges, est dirigé du nord au sud et dépasse d'environ 150 mètres l'ouverture du port de Vulcano. L'autre est formé par Réka et Aphroëssa réunies, et s'allonge vers l'ouest. Il est encore facile de distinguer ces deux anciens îlots, malgré leur union. En effet, la partie correspondant à Aphroëssa possède une hauteur de 30 mètres, tandis que celle qui provient de Réka n'a pas plus de 15 mètres de haut. De plus, il existe entre ces deux parties une dépression marquée à l'endroit où il y avait le canal de séparation. La hauteur du promontoire Georges est toujours d'environ 50 mètres. Ce cap nouveau paraît s'avancer peu à peu vers le sud, pendant que le cap occidental s'élargit principalement du côté du nord, de telle sorte que le petit port de Saint-Georges situé de ce côté fut promptement obstrué.

Le sol qui compose la terre nouvelle est une lave à surface inégale, percée de bosselures et d'anfractuosités.

Après l'apparition du promontoire du Roi Georges et de l'îlot Réka, l'éruption volcanique continua. Elle se concentra depuis le mois d'avril le long d'une fissure volcanique dont les extrémités sont représentées par le promontoire du roi Georges et Réka réunis. Elle n'avait d'ailleurs rien perdu de son intensité, et si l'on ne tenait compte que du nombre et de la fréquence des détonations, on pourrait plutôt dire qu'elle avait redoublé de violence.

Voici maintenant les changements subis par l'île Néo-Kaiméni et ses dépendances depuis la première période de l'éruption jusqu'à ce jour.

Le promontoire Georges a notablement changé d'aspect. Son sommet s'est déplacé vers le sud-ouest d'environ 50 mètres.

Il a maintenant une forme plus régulière, celle d'un cône tronqué, haut d'environ 60 mètres, et dont la table mesure environ une centaine de mètres en largeur. Ce cône se compose de blocs de lave irréguliers, déjà sensiblement altérés par les vapeurs aqueuses et les émanations acides.

Le sommet renferme un vaste cratère, rempli de lave solidifiée à sa surface et couverte de scories. Entre cette masse et la croûte du pâté, comme l'appelle M. Fouqué, c'est-à-dire la paroi intérieure du cratère, il existe une sorte de fossé, de 1 à 2 mètres de largeur, d'où l'on voit sortir d'énormes jets de gaz et de vapeur d'eau. Ce sont des fumées épaisses, composées de poussière volcanique et de vapeur d'eau, qui, au moment des explosions, s'élèvent dans l'air à de grandes hauteurs. Les gens du pays leur ont donné le nom de *choux-fleurs* (*kounou-pidi*), à cause de leur aspect bizarre.

Les flammes ont disparu, tant du sommet que de la base du promontoire Georges. Réka est entièrement refroidi. Au delà de ce point, du côté de l'ouest, il n'y a plus aucune trace d'activité volcanique, et les sondages ont montré que, de ce côté, le soulèvement du fond s'est arrêté.

Les détonations sont aussi devenues moins fréquentes dans Réka et Aphroëssa ; la température de ce dernier point paraît avoir sensiblement baissé. En revanche, la quantité de lave qui sort au-dessous d'Aphroëssa est toujours des plus considérables. Des coulées successives très-distinctes se sont dirigées vers le nord et le sud. Celles qui s'avancent du côté du nord ont atteint le petit port de Saint-Georges, et l'ont même dépassé d'environ 200 mètres.

Heureusement, au lieu d'obstruer l'entrée de ce petit port, qui est d'une grande utilité aux navires de commerce, les coulées de lave ont dévié vers l'ouest et n'ont produit qu'une sorte de jetée à une distance de 100 mètres de la côte. Le port de Saint-Georges a donc gagné à ce jeu de la nature.

On peut se faire une idée de l'immense quantité de lave sortie en ce point des entrailles de la terre, si l'on considère que les coulées qui partent d'Aphroëssa ont une largeur de 1 kilomètre et qu'elles s'élèvent d'un fond de 100 à 150 mètres jusqu'à environ 30 mètres au-dessus du niveau de la mer.

On arrive ainsi à évaluer le produit total sorti des flancs du

volcan. à environ 10 à 20 millions de mètres cubes de lave. Cette masse de matière formerait, sur un espace de 1 kilomètre carré, une couche de 10 à 20 mètres d'épaisseur.

Un cratère d'environ 20 mètres de diamètre et d'autant de profondeur existe entre Georges et Aphroëssa. Cette immense cavité s'est formée sans émission de lave ni de cendres. L'explosion a seulement projeté le sol de tous les côtés.

Tel est l'état actuel du volcan de l'île de Santorin. En ce moment un reste d'agitation se remarque dans le cratère. Des gaz et des vapeurs continuent de s'en dégager; mais tout annonce que dans peu de temps ce phénomène s'arrêtera et que le calme finira par se rétablir dans ces parages trop longtemps tourmentés par les convulsions de la nature.

Le récit détaillé que nous venons de faire de l'ébranlement volcanique dont l'île et la baie de Santorin ont été le théâtre en 1866, va nous permettre de traiter ici une question fort intéressante d'histoire scientifique et de géographie antéhistorique. Nous allons essayer de prouver qu'un événement qui a été longuement commenté par les érudits de tous les temps, à savoir la disparition de l'*Atlantide*, dont Platon nous a transmis la tradition très-ancienne, est d'une nature tout à fait analogue au phénomène géologique qui a ému en 1866 les habitants des îles de l'archipel Grec. En d'autres termes, nous espérons établir que l'*Atlantide* de Platon, adraïse par les uns, niée par les autres, interprétée de cent façons à diverses époques, a bien réellement existé, et a disparu sous les flots, par suite d'un ébranlement, d'une convulsion du sol semblable à celle qui a bouleversé de nos jours les parages de Santorin. L'*Atlantide* dont Platon parle était, selon nous, une île de l'archipel Grec, qu'un ébranlement volcanique précipita, engloutit sous les eaux de la Méditerranée dans les temps antéhistoriques.

Rapportons d'abord le texte précis du philosophe de l'antiquité qui nous a conservé cette tradition.

C'est dans le *Timée* de Platon que se trouve le passage original qu'il faut lire pour bien comprendre ce que les anciens ont écrit sur l'*Atlantide*.

Un prêtre d'Égypte avait raconté à Solon l'existence et la destruction de l'*Atlantide*. Critias, arrière-petit-fils de Dropide



et frère de Solon, avait retenu cette tradition, qui s'était, dit-il, conservée fidèlement dans sa famille. C'est Critias, un des interlocuteurs du *Timée* de Platon, qui raconte cet épisode du voyage de Solon en Égypte.

Voici le texte de ce passage du *Timée* :

« Il y a en Égypte, dans le Delta, au sommet duquel se divise le Nil qui l'entoure, un *nome* appelé Saïtique ; la ville principale de ce nome est Saïs, celle-là même dont le roi Amasis était originaire. Les habitants ont une divinité fondatrice de leur État, dont le nom est, en égyptien, *Néïth*, et, en grec, s'il faut les en croire, *Athénée* (Minerve). Ils aiment beaucoup les Athéniens et prétendent appartenir en quelque manière à la même nation. Solon disait qu'arrivé dans ce pays, il y avait joui de la plus grande considération, et que, d'après les questions qu'il adressa sur les antiquités aux prêtres qui les connaissaient le mieux, il avait reconnu que ni lui-même ni aucun Grec n'y entendait rien, pour ainsi dire. Il ajoutait que, voulant un jour les engager à s'expliquer sur les antiquités, il s'était mis à parler des temps les plus éloignés des nôtres, de Phoronée, qu'on nomme le *premier*, de Niobé, et, après le déluge, de Deucalion et de Pyrrha, et de tout ce qu'on en raconte ; qu'il avait fait la généalogie de leurs descendants et s'était efforcé de fixer la date des événements, en rappelant les époques ; qu'alors un prêtre très-âgé lui avait dit : « Solon, Solon, vous autres Grecs, vous êtes tous des « enfants ; en Grèce, il n'y a pas un vieillard ; » — qu'à ces mots, il lui avait demandé : « Comment l'entendez-vous ? » — et que le prêtre avait repris : « Vous êtes jeunes par vos âmes, car vous n'avez en elles au- « cune opinion antique venue d'une longue tradition, aucune connaissance « blanchie par le temps.

« Ainsi, Solon, tous ces détails généalogiques que tu nous a donnés « sur la patrie sont bien près de ressembler à des contes d'enfants. Car, « d'abord, vous ne parlez que d'un déluge, tandis qu'il y en a eu bien « d'autres auparavant ; ensuite, vous ne savez pas que dans votre pays « a existé la race d'hommes la plus excellente et la plus parfaite, dont tu « descends, toi et toute ta nation, après qu'elle eut péri, à l'exception « d'un petit nombre ; mais vous l'ignorez, parce que les premiers des- « cendants moururent sans rien transmettre par les lettres pendant plu- « sieurs générations. Car autrefois, Solon, avant cette grande destruc- « tion par les eaux, cette même république d'Athènes qui existe main- « tenant, excellait dans la guerre et se distinguait en tout par la sagesse « de ses lois, et c'est elle, dit-on, qui a fait les plus belles actions et qui « a eu les institutions les plus belles dont nous ayons jamais entendu « parler sous les cieux. »

« Solon disait qu'à ce discours il fut émerveillé ; que, plein d'une grande curiosité, il pria les prêtres de lui exposer exactement et en détail tout ce qui avait rapport aux anciens habitants de sa patrie, et que le prêtre lui répondit : « Très-volontiers, Solon, je te le dirai par affec- « tion pour toi et pour ta patrie, mais surtout en considération de la « déesse à laquelle appartient votre cité et la nôtre, et qui a veillé à

« leur entretien et à leur éducation. Elle a commencé par la vôtre, em-  
 « pruntant à Vulcain et à la Terre la semence dont elle vous a formés,  
 « et, mille ans plus tard, elle a fondé la nôtre; et le gouvernement éta-  
 « bli parmi nous date, d'après nos livres sacrés, de huit mille ans. Je  
 « vais donc te parler de tes concitoyens qui vivaient il y a neuf mille  
 « ans, et te faire connaître, en peu de mots, leurs institutions et le plus  
 « glorieux de leurs exploits. Compare toutes ces lois à celles de ce pays,  
 « et tu verras que beaucoup des anciennes lois d'Athènes se retrouvent  
 « ici maintenant; et, d'abord, les prêtres forment une classe séparée de  
 « toutes les autres: de même la classe des artisans, dont chaque bran-  
 « che exerce sa profession à part, sans se mêler aux autres; ainsi celle  
 « des pasteurs, celle des chasseurs, celle des cultivateurs. La caste  
 « guerrière est également ici, comme tu l'as peut-être entendu dire,  
 « entièrement séparée des autres, et ses membres doivent, d'après les  
 « lois, ne s'occuper que des soins de la guerre. Il en est de même de la  
 « manière de s'armer avec des boucliers et des lances; nous nous en  
 « sommes servis avant tous les peuples de l'Asie, parce que nous les  
 « tenions de la déesse, de même que, dans vos contrées, vous êtes les  
 « premiers à qui elle en ait montré l'usage. Et quant à l'intelligence,  
 « vous voyez sans doute quelle attention lui accordent nos lois, dès le  
 « principe, puisqu'elles arrivent par la découverte de tout ce qui con-  
 « cerne l'ordre du monde à l'art de la divination et de la médecine,  
 « dans l'intérêt de la santé, et qu'elles tirent ainsi parti de ces connais-  
 « sances divines pour l'usage des hommes, et embrassant toutes les  
 « sciences qui tiennent à celles-là. Ainsi, autrefois, cet ordre si bien ré-  
 « glé a été établi chez vous, avant de l'être ici, par la déesse qui a fondé  
 « et organisé votre État, et qui a choisi le pays où vous êtes nés, parce  
 « qu'elle jugeait, d'après l'heureuse température des saisons, qu'il pro-  
 « duirait des hommes de la plus grande sagesse. En effet, comme elle  
 « est une déesse belliqueuse et sage, c'est le pays où devaient naître  
 « les hommes les plus semblables à elle qu'elle a dû choisir le premier  
 « pour y fonder un État. Vous viviez donc sous l'empire de telles lois,  
 « avec des institutions meilleures que je ne puis vous le dire, et vous  
 « surpassiez tous les hommes dans tous les genres de mérite, comme  
 « devait le faire un peuple engendré et instruit par les dieux. Aussi de  
 « grands et nombreux exploits de votre république, écrits dans nos li-  
 « vres, excitent notre admiration; mais il y en a un surtout qui est,  
 « entre tous les autres, le plus grand et le plus beau. Nos livres disent  
 « que votre république mit fin aux dévastations d'une puissance formi-  
 « dable, qui s'avançait pour envahir à la fois toute l'Europe et toute l'A-  
 « sie, sortant d'une contrée lointaine, du milieu de la mer Atlantique.  
 « Alors, en effet, on pouvait traverser cette mer; car il s'y trouvait une  
 « île devant cette ouverture, que vous nommez dans votre langue les  
 « colonnes d'Hercule, et cette île était plus grande que la Libye et que  
 « l'Asie ensemble; de sorte que, de ses bords, les navigateurs d'alors  
 « passaient aux autres îles, et, de ces dernières, sur tout le continent  
 « situé en face et qui entoure cette mer, vraiment digne de ce nom.  
 « Car pour la mer située en deçà de ce détroit dont nous parlions, elle  
 « ne semble être vraiment qu'un petit port, dont l'entrée est bien étroite;

« mais, pour l'autre, c'est là une mer véritable, et c'est à la terre qui  
 « l'entoure de toutes parts que l'on peut vraiment donner, avec une  
 « justesse parfaite, le nom de continent. Dans cette Atlantide, s'était  
 « formée une grande et étonnante puissance de rois dominant sur l'île  
 « entière, sur beaucoup d'autres îles et de portions du continent. En  
 « outre, dans nos contrées en deçà du détroit, ils dominaient sur la Li-  
 « bye jusque vers l'Égypte et sur l'Europe jusqu'à la Thyrrhénie. Eh  
 « bien! cette puissance, réunissant toutes ses forces, vint fondre sur  
 « votre pays, sur le nôtre, sur tous ceux qui sont en deçà du détroit  
 « pour les asservir tous ensemble. Alors, ô Solon, se montra la puis-  
 « sance de votre république, qui s'illustra aux yeux du genre humain  
 « par sa valeur et par son énergie. Car, surpassant tous les peuples par  
 « son courage et son habileté dans tous les arts qui tiennent à la guerre.  
 « d'abord à la tête des Grecs, ensuite réduite à ses propres forces par la  
 « défection de tous ses alliés, exposée aux plus grands dangers, elle  
 « triompha pourtant de tous ses ennemis et érigea des trophées, préserva  
 « du joug ceux qui n'y étaient pas encore tombés, et quant aux autres  
 « peuples situés comme nous en deçà des colonnes d'Hercule, tous,  
 « sans exception, elle les délivra.

« *Mais, plus tard, des tremblements de terre extraordinaires et des inon-*  
 « *dations étant survenus, en un seul jour et une seule nuit de désastres,*  
 « *chez vous, la terre engloutit tous les hommes en état de porter les armes,*  
 « *qui se trouvaient réunis, et l'île Atlantide s'enfonça sous les eaux et dis-*  
 « *parut. D'où vient que, maintenant encore, on ne peut parcourir cette mer*  
 « *et la connaître, parce que la navigation est empêchée par la vase profonde*  
 « *que l'île a formée en s'abîmant.* »

Tel est le récit qui a donné lieu à d'interminables disputes, depuis Aristote jusqu'à de Humboldt. Nous avons pensé qu'il y aurait intérêt à le mettre sous les yeux du lecteur, parce que, la question principale étant même écartée, il peut donner une idée des connaissances géographiques des philosophes grecs au temps de Platon, et de celles de Platon lui-même, qui, dans le *Timée* plus que partout ailleurs, charge ses personnages d'exprimer ses opinions particulières.

Nous pourrions ajouter que ce dialogue, intitulé aussi *de la Nature*, renferme non-seulement la géographie, mais toute la géométrie, toute la physique, toute l'astronomie et toute la cosmogonie de Platon.

On peut déduire de ce qu'il contient au sujet de l'*Atlantide* les trois opinions géographiques suivantes, comme étant alors généralement répandues chez les Grecs :

Que notre continent est une île de l'Océan, de cette grande mer extérieure qui enveloppe toute la terre, dont la mer intérieure, ou Méditerranée, n'est qu'un golfe;

Que l'Océan est un bassin circulaire, entouré de toutes parts par une terre immense, qui est le véritable continent par rapport à l'île que nous habitons ;

Que les terres, surtout les côtes et les parties insulaires, ont subi, à diverses époques, de grands cataclysmes, attestés soit par l'histoire, soit par des traditions où la fable se mêle plus ou moins souvent à l'histoire.

De ces trois propositions, la dernière a surtout une grande importance dans le sujet qui nous occupe.

Pour ce qui est de l'existence et de la destruction de l'île Atlantide, beaucoup d'écrivains anciens, postérieurs à Platon, les avaient acceptées comme faits historiques. Mais, quoique sa situation ait été très-clairement indiquée sur l'Océan près des colonnes d'Hercule, ils ne laissaient pas de la chercher aussi ailleurs, surtout ailleurs. On voulait au moins en trouver les débris ; car, d'une île qui aurait été aussi grande que l'Afrique et l'Asie prises ensemble, il devait nécessairement rester quelques traces, et c'était là-dessus qu'on disputait. On peut voir dans Proclus quelles discussions cette question avait soulevées dans l'école d'Alexandrie.

Suivant Delisle de Sales, l'auteur de la *Philosophie de la nature*, l'Atlantide de Platon ne serait autre que l'Ogygie d'Homère, habitée par Calypso. Delisle de Sales trouve que les colonnes d'Hercule signifient le golfe de Tunis, et comme l'île disparue était très-grande, la Sardaigne pourrait bien en être les débris. Cela ne nous mène pas encore bien loin ; mais, en revanche, Delisle de Sales parle d'un autre auteur, dont il ne dit pas le nom, qui prouve que l'ancienne Taprobane (l'île de Ceylan) est le reste de l'Atlantide.

Un avocat de Marseille, nommé Claude-Mathieu Olivier, fit paraître, en 1726, un mémoire dans lequel, interprétant le *Timée* à l'aide de la Bible, il conclut que l'Atlantide nous est représentée aujourd'hui par la Palestine.

Vers la fin du dix-septième siècle, un Suédois d'une vaste érudition, Olaüs Rudbeck, voulut aussi dire son mot sur la question. En sa qualité de bon Scandinave, il consulta non pas la Bible, mais l'*Edda*, et, au premier coup d'œil, il reconnut que l'Atlantide, c'était la Suède.

Quant au savant Bailly, toujours préoccupé de ce peuple



septentrional par lequel il fait arriver toute science et toute civilisation dans le monde, s'il se met en quête, à son tour, de l'île platonique, il doit nécessairement diriger sa route vers le cercle polaire. Aussi, rapprochant et interprétant à sa manière les textes du *Timée* et du *Critias*, il constate d'abord que l'Atlantide ne peut être qu'une des îles de la mer Glaciale. Celle qui lui paraît mériter la préférence entre toutes est le Spitzberg.

Nous ne terminerons pas cette revue sans mentionner l'opinion de ceux qui veulent voir l'Atlantide dans le continent de l'Amérique. Ces derniers sont fort nombreux, et ils se montrent presque immédiatement après la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb.

Au seizième siècle, le savant Guillaume de Postel en était si convaincu, qu'il proposa de donner au nouveau continent le nom d'*Atlantis*.

Dans le siècle suivant, un auteur sceptique, mais critique érudit et judicieux, la Mothe le Vayer, déclare dans sa *Géographie du Prince* qu'il croit voir signalée dans le *Timée* quelque petite apparence de l'Amérique.

Plus hardi que la Mothe, un géographe français du dix-huitième siècle, Robert de Vaugandy, publie, en 1762, un atlas représentant l'état primitif de l'Amérique et de l'Europe.

Enfin, de nos jours, le savant helléniste Stallbaum, dans son argument de *Critias* et dans ses notes sur le *Timée*, déclare de la manière la plus formelle qu'il ne lit rien dans Platon sur l'Atlantide qui ne lui paraisse désigner très-clairement l'Amérique.

On ne saurait sérieusement avancer que l'Amérique d'aujourd'hui soit un reste de cette grande île engloutie. Il serait encore moins permis de prétendre qu'elle la représente tout entière, car alors on se mettrait en contradiction flagrante avec le texte du *Timée*, qui dit que l'*Atlantide* a disparu.

C'est précisément ce passage du *Timée* qui dit expressément que l'*Atlantide a disparu sous les eaux* qui nous porte à croire que cette île a bien réellement existé, qu'elle a existé, non au delà des colonnes d'Hercule, comme le porte le texte du *Timée*, mais, selon nous, dans l'archipel Grec, dans cet archipel que fréquentaient les habitants de l'Égypte, comme ceux de

l'Ionie et de la Grèce. Une tradition aussi vivace que celle que Platon nous a conservée, et qui remonte à la plus haute antiquité, suppose un fait matériel, un événement certain, ayant laissé des traces impérissables dans le souvenir des générations qui se sont succédé dans les mêmes lieux.

Nous pensons que cet événement, qui aurait vivement frappé les esprits et se serait transmis d'âge en âge, c'est une éruption volcanique qui aurait subitement englouti sous les eaux une île de l'archipel Grec.

En d'autres termes, nous croyons que les bouleversements dont l'archipel Grec a été le théâtre de nos jours, et plusieurs siècles avant nous, s'étaient déjà produits dans des circonstances tout à fait analogues, en des temps reculés, avant Homère, c'est-à-dire dans les temps antéhistoriques.

Le récit de Platon s'expliquerait donc très-naturellement par notre hypothèse, sans aller compliquer le sujet de cette lointaine Amérique, que l'on a eu le tort d'introduire dans la question.

Sans doute, ce que nous émettons ici n'est qu'une conjecture. Mais cette conjecture s'appuie sur des considérations historiques et sur des données scientifiques assez sérieuses pour que nous osions la soumettre avec confiance à l'examen des érudits et au jugement des naturalistes.



# LES EAUX DOUCES.

---

## I

### Sources et fontaines naturelles.

Quand l'air humide, poussé par le vent, monte le long des flancs d'une montagne, il se refroidit, et à une certaine hauteur il devient nuage ou brouillard. En s'élevant davantage, ce nuage se résout en pluie. Si cette pluie vient à tomber sur de très-grandes hauteurs, elle se congèle, et couvre d'une couche de neige le sommet de la montagne. Le refroidissement de l'air parvenu dans ces hautes régions est dû à la raréfaction qu'il subit nécessairement dans les parties supérieures de l'atmosphère. Quelques centaines de mètres suffisent, à cette élévation, pour produire un abaissement de température d'un ou de plusieurs degrés. On comprend dès lors la masse énorme de neige qui doit résulter de la condensation des vapeurs contenues dans ces grands volumes d'air, chargés d'exhalaisons marines, que les vents portent aux sommets des Alpes, des Cordillères ou de l'Himalaya. C'est pour cette raison que les chaînes de montagnes sont le berceau des plus grands fleuves. Le Rhône et le Rhin, par exemple, doivent leur origine au vent humide du sud-ouest qui passe sur les Alpes; le bassin du Pô s'alimente de la même manière par les vents du sud, et le Danube par les vents d'est, qui déposent leur humidité sur la grande chaîne centrale de l'Europe.

Ainsi tombée sur les hauteurs, l'eau s'infiltré dans le sol; elle reparait plus loin et plus bas, sous la forme de *sources* qui descendent dans les vallées. En même temps, la fonte annuelle



des neiges qui couronnent les hautes cimes alimente abondamment les petites rivières qui descendent des montagnes; de sorte qu'après les crues d'hiver qui résultent des pluies de cette saison, arrivent les crues d'été provenant de la fonte des neiges. Ainsi des masses énormes d'eau sont toujours en circulation entre l'atmosphère et la terre; elles tombent sans cesse en pluie et en neige, pour remonter sans cesse en vapeur: cet éternel échange produit l'*arrosement du globe*, phénomène capital et agent essentiel de sa fertilité.

Ce rôle fondamental des pluies dans l'économie de la nature est exprimé par Lucrèce dans les beaux vers où il nous montre les produits de la nature, les fruits, les blés et les forêts verdoyantes, naître à la suite des pluies, être pour ainsi dire engendrés par les pluies, par une sorte de fécondation dans le sein maternel de la terre.

*Postremo pereunt imbres, ubi eos pater Æther  
In gremium matris terræ præcipitavit:  
At nitidæ surgunt fruges, ramique virescunt  
Arboribus; crescunt ipsæ, fatique gravantur.  
Hinc alitur porro nostrum genus atque ferarum:  
Hinc lætas urbes pueris florere videntus,  
Frondiferas pæ novis avibus canere undique silvas<sup>1</sup>.*

Les eaux qui se sont condensées au sein de l'atmosphère, et qui retombent en pluie sur la terre, sont chimiquement presque pures: on les nomme *eaux douces*, par opposition aux *eaux salées* de l'Océan. Une partie de cette eau qui tombe sous forme de rosée, de pluie ou de neige, s'évapore de nouveau, par la chaleur terrestre ou solaire; une autre portion glisse à la surface du terrain, et ruisselle le long de ses pentes. Ce sont les *eaux sauvages*, que l'on voit couler sur le sol après une pluie abondante. Une dernière partie s'infiltré dans la terre, y pénètre à des profondeurs variables, et s'y réunit en masses souterraines, qui cheminent entre les couches de terrain superposées. Telle est l'origine de la couche d'eau qui existe à

1. (Lib. I.) « Enfin les pluies disparaissent; où l'éther les a-t-il précipitées dans le sein maternel de la terre? Ce qui est certain, c'est que l'on voit alors surgir les blés, les arbres se revêtir de verdure, croître et se charger de fruits. C'est de là que le genre humain et tous les animaux tirent leur nourriture; c'est ainsi que les villes se remplissent d'une florissante progéniture et que les forêts verdoyantes résonnent du chant des jeunes oiseaux. »

peu de profondeur dans tous les terrains perméables, et qui alimente les puits des maisons. Dans beaucoup de pays, la couche d'eau est très-voisine du sol. A Paris, par exemple, on ne peut creuser à 5 ou 6 mètres sans la rencontrer; l'établissement des égouts sous les rues de la capitale exige, comme première opération, l'épuisement de la nappe aquifère du terrain.

Telle est aussi l'origine des *sources* ou *fontaines naturelles*. Elles ne sont autre chose que les eaux pluviales réunies dans des cours souterrains, et se faisant jour à un point situé plus bas. L'eau fournie par les sources s'ajoutant aux *eaux sauvages* donne naissance aux *ruisseaux*, qui, réunis, forment les *rivières* et les *fleuves*.

Ces deux dernières dénominations servent à désigner des cours d'eau d'un volume plus ou moins considérable. Les bords d'une eau courante s'appellent ses *rives*. La *rive droite* et la *rive gauche* se distinguent en supposant que l'on se place à la source et que l'on regarde couler l'eau. Des rives escarpées se nomment *berges*: lorsqu'elles s'abaissent en pente douce, on les nomme quelquefois *talus*. Le *lit* d'une rivière est l'espace que couvrent ordinairement ses eaux. Les cours d'eau qui se précipitent impétueusement des montagnes, dans des ravins accidentés, se nomment *torrents*.

L'eau qui ne trouve pas d'issue s'épanche en *marais*. Ces accumulations d'eaux stagnantes résultent le plus souvent de cours d'eau qui rencontrent un terrain horizontal ou ascendant; d'autres fois ils se forment sur place, par la stagnation de l'eau des sources qui s'échappent du sol. Si le terrain offre des dépressions dans lesquelles l'eau puisse s'accumuler, on aura les *lacs des montagnes* ou les *étangs des plaines*, réservoirs naturels qui se forment à toutes les hauteurs. Il n'est pas rare qu'une rivière traverse ces bassins; ses flots rafraîchissent et renouvellent constamment celles du lac ou de l'étang.

D'après cette division des eaux douces, nous aurons à considérer successivement : les *sources*, les *rivières* ou *fleuves* et les *lacs*. Commençons par l'examen des *sources*, ou *fontaines naturelles*.

Ces filets d'eau qui s'échappent avec plus ou moins d'abondance des fentes d'un rocher solitaire, ou du sol d'une verte

prairie, forment dans un paysage les points de repos les plus poétiques. Par la limpidité de leurs flots, sortis des profondeurs mystérieuses de la terre, par le gai murmure de leurs eaux, qui saluent pour la première fois la lumière du jour, enfin par la végétation qui les entoure et se baigne dans l'onde vivifiante, les sources exercent sur l'âme humaine un charme tout particulier. La douce impression morale qu'éveille en nous la vue d'une belle fontaine naturelle, avait rendu certaines sources célèbres dans l'antiquité. Qui ne connaît la source de l'*Hippocrène*, située au pied du mont Hélicon, et la *fontaine de Castalie*, dans le vallon du Parnasse, consacrées l'une et l'autre aux Muses du paganisme? Un pauvre et triste village marque aujourd'hui la place où s'élevaient jadis la fière Delphes, et ce mystérieux temple d'Apollon où la Pythonisse allait puiser ses inspirations dans les eaux Castaliennes. Cette source, immortalisée par les souvenirs de la Grèce, est aujourd'hui dédiée à saint Jean; une petite chapelle s'élève près de ses bords; un figuier entouré de lierre et de broussailles ombrage son bassin. La fraîcheur de cette source est telle, qu'on est saisi de frisson lorsqu'on y plonge les mains. La Pythonisse ne prenait-elle point pour l'obsession divine la fièvre que devait lui donner le contact glacial de cette onde?

Une autre source célèbre est celle d'*Aréthuse*, dans l'île d'Ithaque, où les troupeaux d'Ulysse allaient se désaltérer. « Va, dit la déesse à Ulysse, quand il retourne dans son royaume; va trouver d'abord celui qui garde les troupeaux auprès de la roche Coracienne, où coule l'eau de l'*Aréthuse aux flots noirs*. »

La fontaine d'Aréthuse est située dans l'intérieur de l'île d'Ithaque, à trois lieues de la mer. C'est un bassin étroit, placé au sommet d'un haut ravin, et alimenté par les eaux qui suintent des rochers qui le surplombent. Lorsqu'on s'assied près des ruines d'une route qui recouvrait autrefois ce bassin, on voit les pentes de la vallée toutes tapissées de plantes à larges feuilles et de broussailles odoriférantes; plus loin, à travers une éclaircie, le regard découvre un coin de la surface bleue de la mer. Du sommet du rocher se déroule un horizon étendu, qui embrasse les îles et les montagnes de la Grèce. C'est dans cette solitude enchanteresse que le héros de l'Odyssee vint, il y a trois mille ans, se reposer et boire à la source qui

abreuve aujourd'hui les chèvres théakiens. Le physicien Dodwell, qui a visité ce lieu célèbre, loue cette eau claire, fraîche, agréable au goût, et qui sort d'une roche couverte de mousse. Le bassin a une profondeur de plus d'un mètre ; on l'a entouré d'un mur, pour empêcher le débordement des eaux. En sortant d'un orifice percé dans le mur, l'eau tombe dans une auge où s'abreuve le bétail. En 1798, les Français ont eu cette île en leur possession, et ils ont laissé les traces de leur court passage dans cette inscription qui se lit encore sur le rocher d'Aréthuse et qui porte le cachet de l'époque : *Liberté, égalité, fraternité.*

Partout bienfaisantes, les sources acquièrent une importance particulière dans les arides déserts de l'Afrique ; dans ces lieux solitaires, elles donnent la vie aux îles de verdure qu'on appelle *oasis*. La Bible nous parle des sources de Marah et d'Elim, dans le désert d'Arabie ; on corrigeait déjà leurs eaux saumâtres, comme on le fait encore aujourd'hui pour celles du désert, en y exprimant le suc de certaines plantes.

Les sources se rencontrent dans tous les terrains et à des hauteurs très-variables ; mais elles sont plus fréquentes dans les terrains stratifiés, qui permettent à l'eau de se rassembler et de se creuser un lit souterrain.

Les montagnes granitiques et schisteuses donnent naissance à de nombreuses sources, mais leur volume est généralement faible. Les roches anciennes, telles que les porphyres, les trachytes, etc., en produisent aussi un grand nombre. On en trouve beaucoup, par exemple, dans la chaîne du Mont Dore, où elles forment souvent de belles cascades ; nous ne citerons que celles du *Dorza*, à la base du pic de Sancy, et celle qui existe à peu de distance des bains.

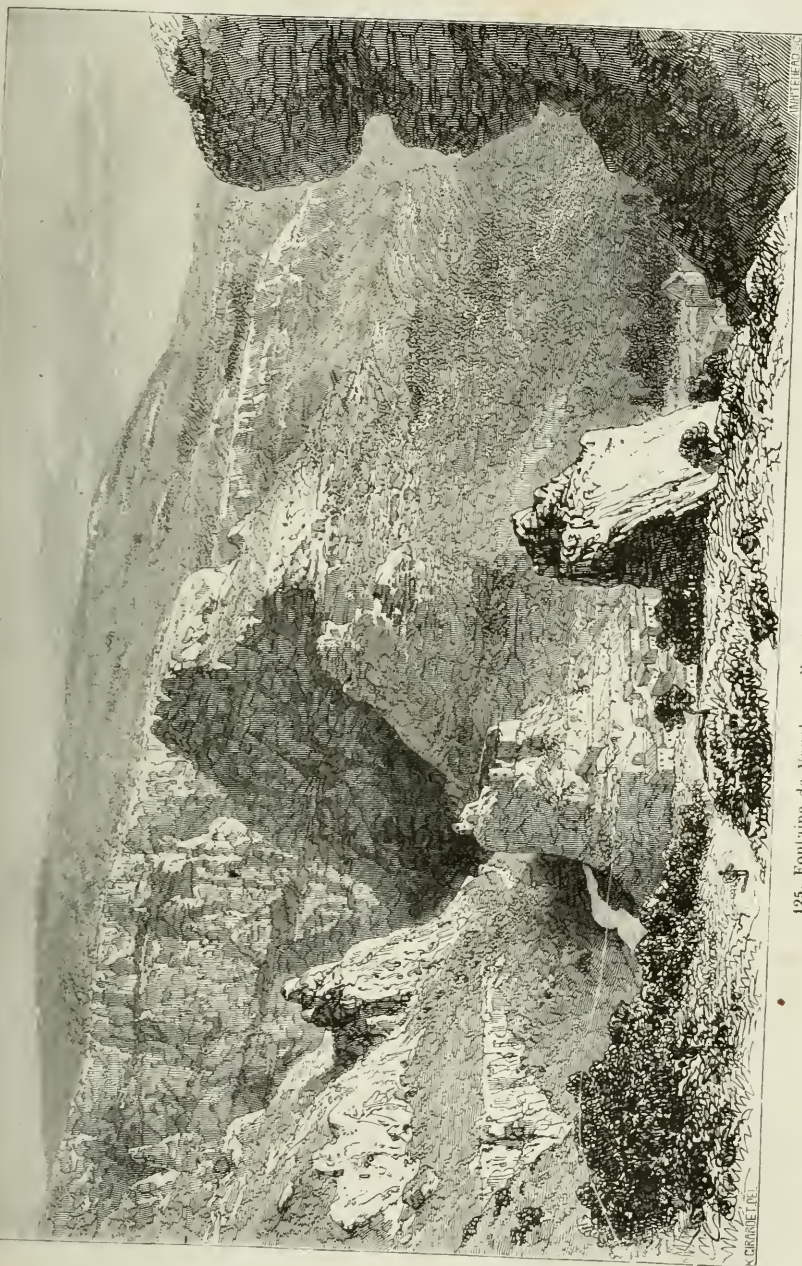
On rencontre des sources à la base et aux environs des volcans, mais rarement sur les montagnes volcaniques elles-mêmes : ce qu'il faut attribuer à la porosité des laves et des roches scorifiées, qui livrent à l'eau un passage facile, et la laissent s'échapper ainsi dans les couches inférieures du sol.

La fréquence, mais le peu d'importance des sources qui sortent des granits, des gneiss et des micaschistes, s'explique facilement par les fissures et crevasses de ces terrains, qui, divisant l'eau d'infiltration en une infinité de filets, la laissent



suintent dans tous les sens. Néanmoins, comme les montagnes granitiques sont ordinairement d'une grande élévation, leurs sommets neigeux donnent naissance à des sources volumineuses qui deviennent de véritables rivières. Le Rhône, le Pô, le Rhin, le Danube ont leur origine dans les hautes Alpes. Dans les montagnes calcaires formées de roches tendres, à couches horizontales, l'eau pénètre facilement à travers les gerçures verticales, et se rassemble dans des réservoirs souterrains ou cavernes, qui se rencontrent en grand nombre dans les terrains calcaires. C'est pour cette raison que les sources y ont quelquefois un si grand volume, et qu'elles donnent immédiatement naissance à de puissants cours d'eau. Alimentées par une infinité de petits tributaires, elles forment des rivières dès leur émergence. Telle est, dans le Jura, la Loue, qui met en mouvement plusieurs usines dès qu'elle sort de terre; telles sont encore la *fontaine de Vaucluse*, près d'Avignon, la *fontaine de Nîmes*, et un grand nombre d'autres sources françaises.

Immortalisée par les amours de Pétrarque et de Laure, la fontaine de Vaucluse (fig. 125) coule à cinq lieues de la ville d'Avignon. Quand on est arrivé au village de Vaucluse, on n'a plus qu'un kilomètre à parcourir pour arriver à la fontaine. On aperçoit au-dessus du village des ruines qui portent sans aucun motif le nom de *château de Pétrarque*. On entre alors dans un vallon étroit, bordé de rochers escarpés aboutissant à un mur taillé à pic, par lequel le vallon se ferme brusquement comme un cul-de-sac : c'est de là qu'est venu le nom de Vaucluse (*vallis clausa*). La source sort au pied de ce mur. On voit jaillir de ce point une vingtaine de torrents, de la grosseur du corps d'un homme; ils se précipitent avec fracas, et forment la rivière de la Sorgue. Au-dessous du mur qui ferme le vallon, est un bassin circulaire de 20 mètres de diamètre, entouré d'énormes blocs de rochers et creusé en entonnoir, dans lequel les eaux de la fontaine se maintiennent à des hauteurs variables. On n'a jamais trouvé le fond de cet abîme. L'excavation du bassin s'étend sous les rochers, et de vastes canaux souterrains y amènent les eaux abondantes qui proviennent de la fonte des neiges. Les blocs entassés en avant du bassin sont couverts d'une mousse d'un vert noirâtre, qui croît sur une terre calcaire blanche et poudreuse déposée par les eaux.



125. Fontaine de Vaucluse, d'après une photographie du M. Baldus.



Sur le bord du bassin on avait érigé, en 1809, une colonne portant cette inscription : *A Pétrarque*. Bien qu'elle fût taillée sur le modèle de la colonne Trajane, à Rome, elle parut d'un effet si mesquin, comparée à la grandeur de la scène naturelle qui l'entourait, et aux rochers immenses dont la hauteur la rapetissait d'une façon démesurée, qu'il fallut l'enlever. On la transporta à l'entrée du village, où elle est encore debout.

Tout le monde sait que l'immortel Pétrarque alla chercher dans le vallon solitaire de Vaucluse les charmes du recueillement et de la solitude.

« Cherchant, nous dit Pétrarque dans son *Épître à la postérité*, une retraite qui me servit d'asile, je trouvai, à quinze milles d'Avignon, un vallon très-étroit, mais solitaire et délicieux, que l'on nomme Vaucluse, et au fond duquel est la Sorgue, la plus célèbre des fontaines. Épris des charmes de ce lieu, je m'y retirai avec mes livres. Mon récit serait trop long, si je racontais tout ce que j'ai fait dans cette solitude, où j'ai passé un grand nombre d'années. J'en donnerai une idée en disant que de tous les ouvrages qui sont sortis de ma plume, il n'en est aucun qui n'y ait été écrit, commencé ou conçu; et ces ouvrages sont si nombreux que dans un âge avancé ils m'occupent et me fatiguent encore....

« Cette retraite m'a inspiré des réflexions sur la vie solitaire et le repos des cloîtres, dont j'ai fait l'éloge dans deux traités particuliers. C'est enfin sous les ombrages de cette solitude que j'ai cherché à éteindre le feu dévorant qui consumait ma jeunesse; je m'y retirai comme dans un asile inviolable; imprudent! ce remède aggravait mes souffrances. Ne trouvant personne, dans une si profonde solitude, pour arrêter les progrès du mal, j'y souffrais davantage. C'est alors que le feu de mon cœur s'échappant au dehors, je fis retentir ces vallées de mes tristes accents qui, d'après quelques lecteurs, ont une douce mélodie. »

L'effet tantôt majestueux, tantôt riant et pittoresque de la fontaine de Vaucluse, s'explique par les alternatives de l'irruption des eaux. Au point précis de la source, un énorme rocher s'élève tout d'une pièce, à une hauteur de plus de 200 mètres, surplombant d'une façon menaçante la tête du touriste. Si les eaux sont basses, le visiteur voit à ses pieds un précipice horrible, incomplètement rempli d'eau; si elles sont hautes, il a devant lui une cascade, jetant sur une série de rochers une masse effroyable d'eau, qui se brise et se réduit en écume avec un fracas épouvantable.

Dans les crues annuelles ordinaires, l'eau se divise par chutes inégales entre les blocs de rochers, qui sont entièrement recouverts d'une mousse d'un vert noirâtre; la cascade offre



alors un aspect varié de formes et de couleurs. Mais après les grandes pluies, par suite de l'abondance de l'eau, c'est une véritable rivière qui sort du rocher, offrant l'aspect d'un immense manteau aux franges d'écume.

La *fontaine de Nîmes* (fig. 126) sort du pied d'une colline de 70 mètres de hauteur, au haut de laquelle se dresse le monument antique et délabré connu sous le nom de *Tour-Magne*, et dans lequel les uns voient une sépulture antique, d'autres un phare, une tour d'observation, etc. La fontaine de Nîmes était utilisée par les Romains pour des bains publics, dont les constructions anciennes se voient encore au-dessus des bassins ré-



Fig. 126. Fontaine de Nîmes.

guliers qui ont été construits sous Louis XIV, pour transformer les rives de la source en une magnifique promenade décorative. A gauche du grand bassin, se voient les ruines du *temple de Diane*. La colline qui surmonte la fontaine de Nîmes a été de nos jours plantée d'arbres verts, formant des allées sinueuses qui s'élèvent, en pente douce, jusqu'à la Tour Magne. Tout cet ensemble, où l'art se mêle heureusement à la nature, fait de la fontaine de Nîmes une des promenades les plus pittoresques du monde.

Parmi les fontaines qui ne tarissent jamais, une des plus belles est la source de Sainte-Winifrede, à Holywell, en Flint-

shire (Angleterre). La quantité d'eau qu'elle fournit est estimée à 21 000 litres par minute. Cette eau se rend à la mer, éloignée seulement d'une demi-lieue, et sur son parcours elle met en mouvement onze moulins. Au-dessus du bassin qui reçoit les eaux de cette source, et qui est de forme polygonale, la famille des comtes Stanley a fait élever une chapelle. Les peintures des vitres représentent la vie de sainte Winifrède, dont le sang



Fig. 127. Source sacrée de Zuni, au Mexique.

versé sur cette place a donné naissance, selon la légende, à cette source, autrefois en grande vénération, et qui était le but de fréquents pèlerinages.

Dans le sud du Mexique, au bord de la rivière Zuni, ou *Rio del Pescado*, est une autre source de grande réputation : elle porte le nom de *Fontaine sacrée* (fig. 127). Le bassin qui reçoit ses eaux a 8 mètres de diamètre et 4 de profondeur.

Quand l'eau, venant d'une certaine hauteur, s'infiltré dans

une couche poreuse, contenue elle-même entre *deux couches imperméables* qui se relèvent et se redressent peu à peu, elle tend à monter suivant les lois de l'hydrostatique; et si elle trouve une ouverture dans la couche supérieure, elle s'en échappe avec force, et produit ce qu'on nomme une fontaine jaillissante. On en trouve des exemples dans les sources du Loiret et de la Touvre, qui sortent en bouillonnant de gouffres profonds, que les gens du pays regardent comme des abîmes sans fond. Ces sources fournissent assez d'eau pour porter des bateaux à leur sortie de terre. La Touvre, affluent de la Charente, fournit à ce fleuve la moitié de ses eaux. Elle est formée de trois sources ouvertes au fond du ravin, à 15 kilomètres à l'est d'Angoulême. A la jonction de ces sources, elle a 100 mètres de large sur 2 de profondeur. Les forges et les fonderies de Ruelle sont situées le long de son cours, d'une étendue de 3 lieues.

Au château de Sozay, près de Clamecy, est une fontaine de ce genre, que l'on nomme l'*Abîme*, et qui sort d'un puits très-profond, de 4 mètres de diamètre.

On voit sur la plage d'Alvarado, dans le golfe du Mexique, une éminence de sable de 30 mètres de hauteur, dont le sommet donne issue à une belle source jaillissante d'eau potable, où les vaisseaux du port viennent prendre leur eau douce.

La presque île de Morée offre un grand nombre de fontaines de ce genre; nous ne citerons que celles de Skala, de Lerne, etc.

Les eaux jaillissantes se font jour quelquefois au-dessus de la surface de la mer, comme dans la baie de Jagua, sur la côte méridionale de Cuba.

« A deux ou trois lieues de la terre, dit de Humboldt, des sources d'eau douce sortent du milieu de l'eau salée.... Leur éruption se fait avec tant de force, que l'approche de ces lieux fameux est dangereuse pour les petites embarcations, à cause des lames qui sont très-larges et se croisent en clapotant. Les navires côtiers approchent quelquefois de ces sources pour y puiser de l'eau, qui est d'autant plus douce qu'on la puise à une plus grande profondeur. »

Un des plus beaux exemples de fontaine jaillissante au milieu de la mer est celui du golfe de la Spezzia. L'eau s'élance au-dessus de la mer, en formant un mamelon de plus de 20 mètres de diamètre sur 3 à 4 décimètres de hauteur; on voit, à son centre, un grand nombre de jets verticaux tellement impétueux

qu'un bateau ne s'arrête que difficilement au milieu de cette proéminence liquide, distante de 50 mètres de la terre. Spallanzani put en sonder la profondeur : le plomb toucha le fond à 15 mètres.

Quelques sources, surtout les fontaines jaillissantes, offrent des intermittences périodiques. On attribue ce phénomène à la présence de cavités souterraines, dans lesquelles l'eau s'accumule et revient par des canaux recourbés en forme de siphons. Si la quantité d'eau qui s'écoule est plus grande que celle qui descend des régions supérieures, il arrive un moment où le niveau dans le réservoir s'abaisse au-dessous du sommet du siphon : alors la source cesse de couler jusqu'à ce que le réservoir soit rempli de nouveau.

Ces interruptions et retours suivent quelquefois des périodes aussi régulières que les marées de l'Océan. Pline a décrit la fontaine périodique de Côme, dans le Milanais actuel, dont les intermittences sont d'une heure. Celle de l'abbaye de Haute-Combe, en Savoie, paraît toutes les vingt minutes, dans l'intérieur du mont de la Dent-du-Chat, par un canal vertical qu'elle a tapissé de concrétions calcaires. Elle est située à 127 mètres au-dessus du lac de Bourget.

On cite encore, à peu de distance de Chambéry, la source du *Puits-Gros*, qui coule au lever et au coucher du soleil, à midi et à minuit, c'est-à-dire par intervalles de 6 heures.

La *fontaine de Boulaigne*, près Fressinet, dans les monts Coyrons, reste quelquefois vingt ans sans couler; puis elle donne de l'eau pendant plusieurs mois, s'arrête ou reprend d'heure en heure, et finit par disparaître encore pour un temps assez long.

La *mare de Siloam* est un bassin situé au pied du mont Sion, dans la célèbre vallée de Josaphat, et alimenté par les eaux de la *fontaine de la Vierge*, qui y descendent par un canal souterrain percé dans la roche. Le bassin est entouré d'une maçonnerie ayant 17 mètres de long sur 6 de large. Les eaux qui en sortent vont arroser les jardins fruitiers situés le long de la vallée. Cette fontaine tarit et reprend à des intervalles irréguliers. Les gens du pays disent qu'elle est habitée par un dragon, et qu'elle ne coule que pendant le sommeil du dragon. On peut désirer une théorie moins orientale.



Nous pourrions encore signaler la source de *Fontestorbe*, près de Belesta, dans les Pyrénées; le *Bullerbronn*. en Westphalie, qui tarit deux fois par jour; la source de *Fonzanches*, dans le Languedoc; celles de *Madame* et du *Boulidou* (36 accès en 24 heures), sur les bords du Gardon; celle d'*Engstler*, dans le canton de Berne; de *Torbay*, de *Buxton*, de *Giggleswick*, en Angleterre; de *Dixonspring* et de *Northwill*, en Amérique, etc., etc.

On pourrait aussi ranger dans cette catégorie les puits naturels qui débordent à certaines époques; tel est le *Frais-Puits*, près Vesoul. En 1557, la ville de Vesoul, assiégée, fut délivrée grâce à un débordement de cette source, qui, en six heures, inonda toute la campagne et emporta les travaux des assiégés.

Il existe près de Brest, à 25 mètres de la mer, un puits dont le niveau s'élève lorsque la mer baisse, et tombe lorsque la mer monte. Dans les îles Bermudes, au contraire, les sources douces, aussi bien que les sources salées, s'élèvent et s'abaissent avec la marée.

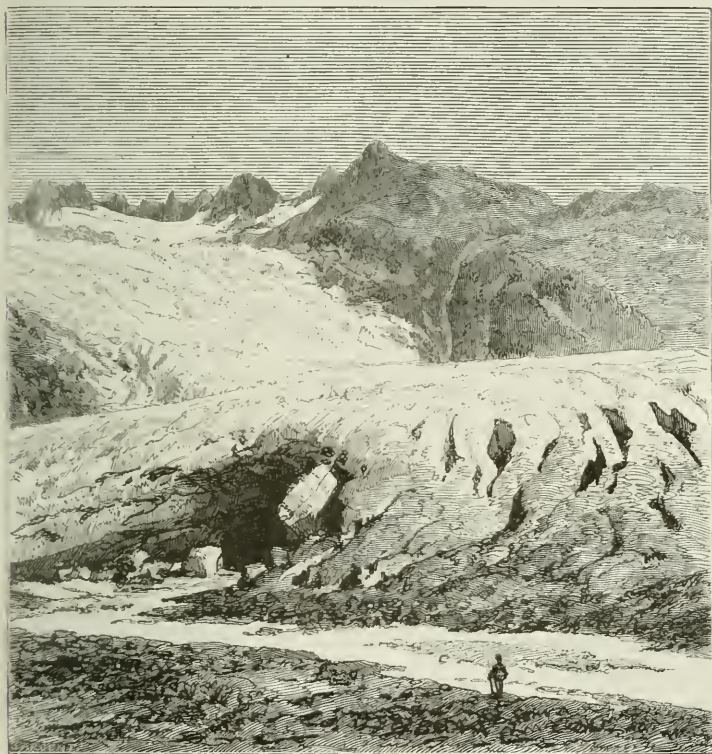
Ce dernier fait semble indiquer que les sources sont quelquefois dues aux infiltrations capillaires des eaux de la mer. Les anciens et même quelques modernes, entre autres Descartes, croyaient que toutes les sources tiraient leur origine de la mer, dont les eaux pénétraient dans les cavités souterraines. Arrivées à ce point, elles s'échauffaient par l'action du feu central et se réduisaient en vapeur, lesquelles, parvenues dans les couches supérieures, s'y condensaient, pour s'écouler au dehors sous forme de source. C'était une théorie finement raisonnée, comme tout ce qu'a produit l'imagination de Descartes, mais une hypothèse superflue, car les quantités de pluie qui tombent annuellement sur la terre suffisent, et au delà, pour nous rendre compte de l'origine des cours d'eau.

Bernard Palissy est un des premiers observateurs qui aient soupçonné la véritable origine des eaux de sources.

« La cause, dit l'immortel potier de terre dans son livre sur les *Eaux et fontaines*, pourquoi il y a plus de rivières et fontaines procédantes des montagnes, que non pas du surplus de la terre, n'est autre chose sinon que les roches es montagnes retiennent les eaux des pluies comme ferait un vaisseau d'airain; et lesdites eaux tombant sur lesdites montagnes, au travers des terres et fentes, descendent toujours et n'ont aucun arrêt, jusqu'à ce qu'elles aient trouvé quelque lieu formé de pierres ou

roches, bien contigu et bien condensé; et alors elles se reposent sur un fond tel, et ayant trouvé quelque canal ou autre ouverture, elles sortent en fontaines ou en ruisseaux et fleuves, selon que l'ouverture et les réceptacles sont grands. »

Les eaux souterraines qui reparaissent au jour en suivant les couches du terrain superposé, sont dues, comme nous l'avons dit au début de ce chapitre, à la condensation des vapeurs sur



[ Fig. 128. Source du Rhône dans les Alpes, d'après une photographie de M. Ferrier.

les montagnes, aux pluies et à la fonte des neiges. On voit quelquefois sortir une rivière directement de dessous un glacier, ainsi que cela a lieu, par exemple, pour l'Arveiron, dont la source est, comme nous l'avons déjà dit, au pied du glacier des Bois. Le Rhône a également sa source à la base d'un glacier des Alpes (fig. 128).

Les cours d'eau souterrains qui glissent entre deux couches

imperméables peuvent être amenés à la surface, au moyen de profonds et étroits orifices que l'on creuse dans le sol, non sans d'extrêmes difficultés. Les *puits forés*, ou *puits artésiens*, tirent leur nom de la province d'Artois, où ils ont été, de temps immémorial, en usage. La force ascensionnelle de l'eau dans ces puits est d'autant plus grande que le réservoir souterrain est plus élevé; leur abondance dans certaines contrées prouve l'existence de véritables rivières souterraines.

Les terrains formés de lits alternativement poreux et imperméables sont ceux dans lesquels on a le plus de chances de succès lorsqu'on y pratique des forages. Il existe souvent dans ces couches profondes plusieurs nappes d'eau à des hauteurs différentes et douées de forces ascensionnelles très-inégales.

L'art empirique de découvrir les sources a donné lieu aux étranges pratiques des *sourciers*, fort en faveur pendant les derniers siècles. Nous n'avons pas à raconter ici la longue histoire des chercheurs de sources, que nous avons exposée, au point de vue historique et critique, dans un de nos ouvrages<sup>1</sup>. Disons seulement que l'art de découvrir les sources est aujourd'hui une simple application de la géologie et de l'hydraulique. Il faut toutefois, pour pratiquer cet art avec succès, une habileté spéciale, une sorte de coup d'œil, comme celui que possède un bon médecin pour l'exercice de son art. De nos jours, l'abbé Paramelle a fait de l'hydrosophie une véritable profession. En examinant la direction et la nature des couches superficielles, la végétation qui les couvre, l'emplacement des puits ou cours d'eau naturels, il arrivait souvent à deviner le trajet des eaux souterraines, et bien des fois les forages pratiqués sur ses indications ont satisfait les consultants. Un émule de l'abbé Paramelle, c'est l'abbé Richard, qui, depuis quelques années, est entré dans la même carrière, et qui a déjà porté en plusieurs pays étrangers son talent d'*hydroscopie*.

On appelle *eaux minérales naturelles* les eaux qui tiennent en dissolution de notables quantités de substances minérales dont elles se sont chargées pendant leur trajet souterrain. On les

1. *Histoire du merveilleux dans les temps modernes*, 2<sup>e</sup> édition, 1860, tome II (*La baguette divinatoire*).

divise en quatre classes : 1° *eaux salines* (Carlsbad, Kissingen, etc.); 2° *eaux alcalines* (Vichy, Tœplitz, etc.); 3° *eaux ferrugineuses* (Spa, Pyrmont, etc.); 4° *eaux sulfureuses* (Barèges, Aix-la-Chapelle, etc.). Les propriétés médicinales de ces diverses catégories d'eaux minérales sont connues de tout le monde.

Quand les eaux naturelles sont au-dessus de la température ambiante, on les nomme *thermales*. Leur degré de chaleur est quelquefois très-élevé. Nous avons donné, page 299, le tableau de la température d'un certain nombre d'eaux minérales. Ce tableau montre des températures atteignant jusqu'à 88 degrés pour les eaux consacrées à l'usage médical. De Humboldt a trouvé près de Valence, en Amérique, une source marquant 90 degrés. M. Boussingault a observé dans la même partie du monde trois sources étagées à des hauteurs différentes : celle de Trincheras, près Puerto-Cabello, presque au niveau de la mer, était à 37 degrés ; celle de Mariana, qui émerge à 676 mètres de hauteur, avait 64 degrés ; celle d'Onoto, à 702 mètres d'altitude, 45 degrés seulement.

Les eaux thermales sourdent de tous les terrains ; on en voit surgir du milieu des fleuves et même de la mer. Le golfe de Naples et le Rhône (près de Saint-Maurice) présentent des exemples de ces émergences d'eaux thermales.

La chaleur des eaux thermales provient de ce que ces eaux ont pénétré fort bas dans l'intérieur de la terre, et se sont échauffées au contact des roches rendues brûlantes par le voisinage du feu central. A la profondeur de 3 kilomètres, avons-nous dit dans un autre chapitre, les roches ont une température de 100 degrés ; dès lors, si, par une fissure d'une longueur suffisante, les eaux pluviales pénètrent jusqu'à cette profondeur, elles s'échauffent jusqu'à 100 degrés ; devenues ainsi légères, elles s'élèvent à la partie supérieure de la colonne d'eau, et si elles trouvent sur leur passage un libre écoulement au dehors, elles apparaissent au jour avec une température plus ou moins élevée. Voilà comment il faut s'expliquer la thermalité des eaux minérales.

Les eaux thermales sont abondantes dans les terrains volcaniques, parce que les éruptions de matières ignées, venues de l'intérieur du globe, ont laissé à demi libres des trajets verti-



caux ou sinueux, par lesquels les eaux pénètrent à de grandes profondeurs, s'échauffent en ces points, et ressortent dans une autre partie du sol, avec la température élevée qu'elles ont empruntée aux couches profondes, et les composés sulfureux qu'elles ont dissous pendant leur contact avec les produits volcaniques. C'est dans les Pyrénées, dans l'Auvergne et dans les Alpes, en France, aux environs de Naples et dans la Sicile, en Italie, qu'existent surtout les eaux thermales sulfureuses.

Le capitaine Burton, dans un voyage fait aux grands lacs de

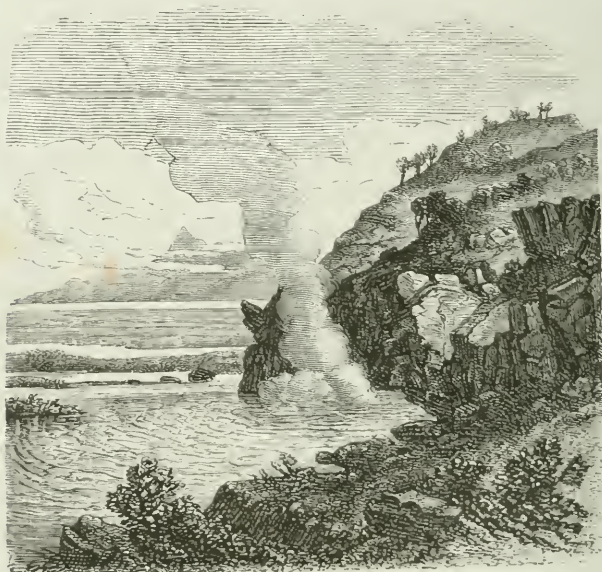


Fig. 129. Sources chaudes du pays des Mormons (Amérique du Nord).

l'Afrique orientale, a rencontré des sources thermales dans le district du Zoungoméro, pays insalubre, humide et sulfureux que l'on traverse avant d'arriver à la chaîne de l'Ousagara.

Le même voyageur a visité en 1860, en Amérique, les *Hot-Springs* ou *sources chaudes* (fig. 129), eaux thermales sulfureuses, situées à 5 kilomètres environ de la ville des Saints, capitale du pays des Mormons, dans l'Utah (Amérique du Nord). Ces eaux sortent du versant occidental des montagnes voisines. Un nappe abondante s'échappe du roc et tombe dans un bassin, d'où elle s'écoule et va former un petit lac, dont la circonfé-

rence est de 2 à 6 kilomètres, suivant la saison. Au point d'émersion, l'eau est assez chaude pour cuire un œuf; elle marque, un peu plus bas, 50 degrés. A une grande distance de la source, elle conserve encore une certaine chaleur. Elle est fréquentée, en hiver, par des bandes d'oiseaux, qui viennent s'y réchauffer, et par les enfants des Indiens, qui s'accroupis-

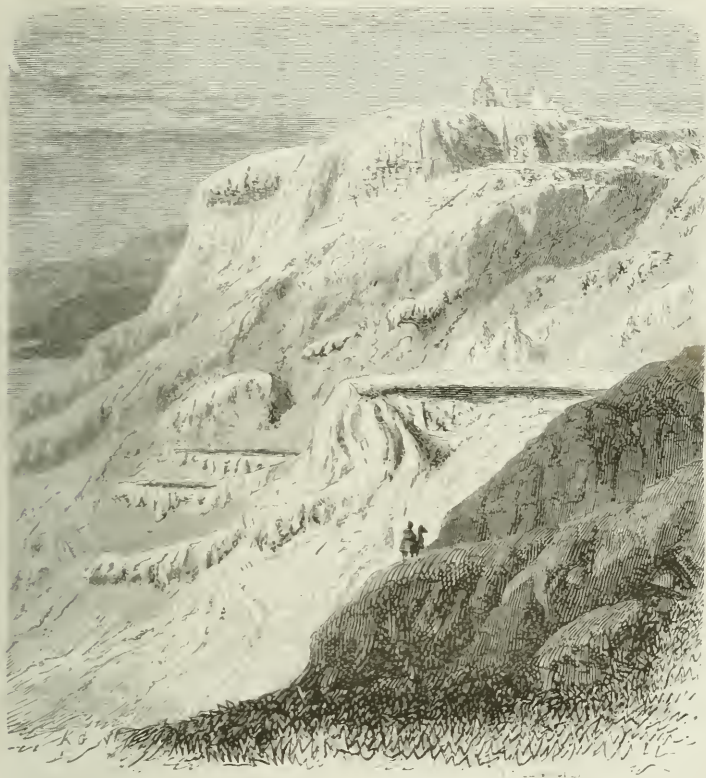


Fig. 130. Cascade de Pamboukalise.

sent sur les bords pour se dégourdir. Les Mormons prétendent que cette eau surpasse en vertus purifiantes les rivières de l'ancienne Judée.

Quelques eaux minérales ont la propriété de déposer sur les corps un sédiment calcaire provenant du carbonate de chaux qu'elles tiennent en dissolution. On les appelle *eaux incrustantes*. C'est à la faveur du gaz acide carbonique libre qu'elles

renferment, et par l'effet de la pression à laquelle elles sont soumises à l'intérieur de la terre, que le carbonate de chaux est dissous dans ces eaux. Mais quand elles arrivent à la surface du sol, cet excès d'acide carbonique se dégage, par suite de la diminution de pression; dès lors, le carbonate de chaux se dépose à l'état de sédiments terreux, qui forment des incrustations.

C'est par ce mécanisme chimico-physique que les eaux de Saint-Alyre, à Clermont-Ferrand (Auvergne), *pétrifient*, c'est-à-dire recouvrent d'une croûte de carbonate de chaux les corps étrangers que l'on dépose dans leur bassin, et qu'elles ont produit jadis le pont sous lequel elles coulent aujourd'hui. Les eaux de Carlsbad, qui déposent aussi beaucoup de carbonate de chaux, se sont construit leur propre bassin. On cite encore les eaux incrustantes de San-Vignone, en Toscane, les Cascatelles de Tivoli, les eaux de Saint-Nectaire (Puy-de-Dôme), etc. Les vapeurs de la source chaude du Mont-Dore déposent un enduit siliceux sur la voûte qui couvre le bassin.

Il existe au Pérou une *source incrustante* calcaire qui dépose une telle masse de carbonate de chaux, qu'elle forme de véritables moellons dont on se sert pour la bâtisse.

Une des plus belles sources incrustantes du monde entier est celle d'Hierapolis, célèbre dans l'antiquité. Ses eaux chaudes produisent, en sortant du sol et coulant le long de la montagne, une série de cascades pétifiantes. La figure 130 représente les rochers calcaires formés par le dépôt de ces eaux qui descendent dans la vallée de Pamboukalise (Asie Mineure).

## II

### Les grottes et les cavernes.

Nous pouvons placer à la suite des eaux souterraines les grottes et les cavernes. Les cours d'eau souterrains jouent en effet un grand rôle, non dans la formation primitive de ces cavités, mais dans leur agrandissement, qui résulte de l'érosion de leurs parois par des rivières souterraines.

Les cavernes se composent ordinairement de plusieurs salles, quelquefois d'une incroyable étendue. Les ramifications tortueuses qu'elles forment ne sont pas toujours parallèles au sol. Il en est qui descendent comme par des gradins, ou qui s'enfoncent verticalement comme des puits.

On donne le nom de *grottes* aux petites cavernes.

Il n'est pas rare de rencontrer dans les cavernes de vastes réservoirs d'eau, et même des rivières, qui les traversent dans une partie de leur étendue. Les parois des cavernes sont tantôt lisses et unies, tantôt creusées, fracturées et parsemées d'aspérités, selon la nature de la roche qui les compose.

Le silence de la mort qui règne dans ces vastes et ténébreuses solitudes; leur architecture étrange; leurs murailles tapissées de quartz (cristal de roche), qui brillent à la lueur incertaine des torches; les colonnes immenses, qui se dressent de loin en loin, et semblent les piliers destinés à supporter ces fantastiques édifices; leurs couloirs sans issues; leurs salles spacieuses qui répercutent et renforcent le son de la voix; l'air pesant et peu respirable qui les remplit: tout dans ces sombres lieux est une cause de superstitieuse terreur. Aussi, bien des légendes sinistres se rattachent-elles à ces antres mystérieux. Dans l'antiquité, les prêtres païens y célébraient leurs rites sanguinaires; c'est ce que la tradition rapporte, par exemple, de la caverne du dieu *Thor*. Dans l'Inde, à Ellora, à Éléphanta, à Salsette, les cavernes sont encore aujourd'hui



consacrées à la célébration des mystères religieux. En France, pour ne pas sortir de notre pays, les cavernes et les grottes qui s'étendent sous le massif des montagnes des Cévennes donnèrent asile, aux temps de la persécution protestante (1670-1700), aux religionnaires proscrits. Sous Louis XIV, un fanatisme farouche condamnait à l'exil ou à la mort les protestants qui voulaient rester fidèles à leur foi. Pendant la guerre de paysans qu'amena cette persécution inique, les nombreuses cavernes qui existent sous diverses montagnes de la chaîne des Cévennes servirent aux insurgés pour cacher leurs blessés, leurs munitions, leurs armes et leurs greniers de réserve. Dans ces antres ignorés, on célébrait en commun les cérémonies du culte proscrit ; la terre cachait dans son sein les simples rites qu'un fanatisme impitoyable empêchait, sous peine de mort, de se produire à la clarté du jour.

Quelle est l'origine, le mode de formation géologique des cavernes et des grottes ? Ces grandes excavations souterraines sont le résultat des fractures ou fissures du globe occasionnées par son refroidissement. Les grands vides qui demeuraient béants par suite des fissures du globe ont été, pour la plupart, remplis par des éruptions de matières granitiques, basaltiques ou autres ; et c'est ainsi que se sont formés les *amas* et les *filons*. Mais toutes ces cavités ne se sont pas remplies : ces dernières ont formé des cavernes. Leurs dimensions, souvent médiocres dans l'origine, se sont plus tard considérablement agrandies par le courant des eaux et rivières souterraines qui ont érodé leurs parois. La capacité de beaucoup de cavernes a été encore accrue par les eaux du déluge, à l'époque quaternaire. C'est ce dont témoignent leurs contours arrondis, les surfaces lisses que présente leur intérieur, et surtout les dépôts de limon, mêlés d'ossements fossiles et de cailloux roulés, que l'on y découvre au-dessous d'une croûte de stalagmites.

Il est probable que les os d'animaux antédiluviens qui remplissent tant de cavernes ont été introduits dans ces cavités par des orifices verticaux, par des puits, dans lesquels s'engouffraient les flots du déluge.

Dans les *cavernes à ossements*, le sol est ordinairement couvert d'une croûte épaisse de stalagmites (amas de carbonate de chaux formés par les eaux d'infiltration). Si l'on enlève, à la pioche,

cette couche, on arrive à l'assise d'argile et de cailloux roulés qui renferme les os fossiles. Là où cette croûte de stalagmites n'existe pas, les ossements font défaut, peut-être parce que ce sont précisément les stalagmites qui ont préservé les os de la décomposition. Au-dessus de ces stalagmites, dont l'origine paraît remonter à une époque fort reculée, on rencontre généralement des dépôts d'alluvion beaucoup plus modernes, qui se composent d'une argile grise ou noirâtre, mêlée de débris organiques. Toutes ces couches de sédiment, qui dans les cavernes à ossements recouvrent les débris organiques, ont empêché longtemps de soupçonner les richesses fossiles de certaines cavernes, pourtant bien connues.

Les plus renommées parmi les cavernes à ossements sont celles de Gailenreuth<sup>1</sup>, en Bavière; de Baumann, dans les montagnes du Harz; d'Adelsberg, en Carniole (Illyrie; du pic de Derbyshire. de Kirkdale, en Angleterre, etc.; de Lunel-Viel (Hérault), d'Echenoz et de Fouvent (Haute-Saône), etc., en France; Mammoth's Cave, dans le Kentucky (Amérique), etc.

La caverne de Gailenreuth, qui a fourni un nombre immense d'ossements fossiles, est située près du village de ce nom. Son entrée n'a que deux mètres et demi de hauteur et 4 de largeur. Une première salle, d'une étendue de 27 mètres, communique, par un couloir de 60 centimètres seulement, à une seconde salle, qui a 43 mètres de long sur 13 de large. Haute d'abord de 6 mètres, cette salle s'abaisse de plus en plus, jusqu'à n'avoir plus que 2 mètres de haut. Un passage étroit et plusieurs petits couloirs conduisent à une troisième chambre, large d'environ 10 mètres et haute de 2. A l'entrée de cette grotte, une cavité de 5 à 6 mètres, où l'on descend à l'aide d'une échelle, débouche dans une voûte de 5 mètres de diamètre sur 10 de hauteur. Tout près de cette voûte est une grotte dont le sol est jonché d'ossements d'*Ursus spelæus*. Un peu plus bas, un nouveau corridor conduit à une autre salle de 13 mètres de longueur, et qui se termine par un puits profond de 6 mètres, par lequel on arrive encore à une grotte d'environ 14 mètres de hauteur. Deux couloirs mènent à deux nouvelles chambres, assez spa-

1. Voir dans notre ouvrage *la Terre avant le déluge*, 4<sup>e</sup> édition, p. 377. une coupe verticale de la caverne à ossements de Gailenreuth.

cieuses. On arrive à une grande salle qui a 27 mètres de large sur 4 de haut. Il faut encore traverser une septième et dernière salle pour être au bout de ce dédale.

Deux autres cavernes de la même nature existent dans le voisinage de Gailenreuth.

La *caverne de Baumann* (fig. 131), dans le Harz, est composée de cinq salles situées à des niveaux très-différents. De la pre-



Fig. 131. Caverne de Baumann.

mière à la seconde, on descend de 10 mètres. Pour arriver à la troisième, il faut se hisser à une certaine hauteur; puis l'on descend et l'on monte alternativement, jusqu'à ce qu'on arrive à un couloir plein d'eau, où l'on trouve des ossements d'ours, d'hyènes et de tigres en grande quantité. La caverne de Baumann porte le nom d'un infortuné mineur qui s'y égarait en 1670, et qui, après avoir erré trois jours et trois nuits dans ce labyrinthe

obscur, en sortit dans un état d'épuisement tel, qu'il mourut presque immédiatement après.

La caverne d'Adelsberg, à trois lieues de Trieste, se compose de trois immenses salles situées au-dessus l'une de l'autre. La rivière de la Poyk s'y perd et reparaît à plusieurs reprises. Un naturaliste la parcourut sur une étendue de trois kilomètres, mais il rencontra un grand lac qui l'empêcha de pénétrer plus loin dans cette énorme excavation.

Le géologue Buckland a étudié avec le plus grand soin la grotte qui fut découverte en 1821 à Kirkdale, dans le Yorkshire. L'orifice de cette caverne était, de temps immémorial, caché par les buissons et les herbes : des ouvriers terrassiers en découvrirent l'entrée par un heureux hasard. Elle a 82 mètres de longueur, mais elle est si basse, que ce n'est guère qu'en deux ou trois endroits qu'un homme peut s'y tenir debout. Quand la grotte fut ouverte pour la première fois, on y trouva un dépôt de sédiment à surface presque unie et horizontale, composé d'un limon argileux micacé mêlé de calcaire. Sous cette couche on découvrit un véritable cimetière d'animaux antédiluviens. On trouva les débris d'environ trois cents hyènes<sup>1</sup>.

Une autre caverne zoolithique est celle de Kent, près de Torquay, creusée dans le calcaire du Devonshire. On lui attribue une longueur de 200 mètres; sa largeur varie de 1 à 23 mètres, sa hauteur de 1 à 6 mètres. On y trouve sous une couche de stalagmites des ossements d'espèces éteintes. Cette grotte fut autrefois un repaire de brigands.

On cite encore les cavernes à ossements de Hutton, de Balleve, de Wirksworth, de Clifton, d'Oreston, de Paviland. Dans cette dernière localité, un rocher très-élevé, qui fait face à la mer sur la côte de Glamorganshire, présente deux orifices que les vagues atteignent quelquefois quand elles sont agitées par l'orage.

Les cavernes dont nous venons de parler intéressent le géologue, en raison des quantités considérables d'ossements fossiles qu'elles ont fournies, et des difficultés que soulève l'ex-

1. Buckland, *Reliquiæ diluvianæ*.



plication rigoureuse de la présence de tant d'ossements dissemblables accumulés dans le même lieu. Mais il en est qui, pour ne renfermer aucun débris des animaux de l'ancien monde, n'en présentent pas moins un intérêt très-vif pour le géographe ou le simple touriste. Nous allons passer rapidement en revue quelques-unes des cavernes les plus renommées du globe, en nous attachant seulement au côté pittoresque de ces régions souterraines que l'on a si rarement l'occasion d'explorer.

On compte parmi les plus grandes cavernes, celle de Guacharo, située dans la vallée de Caripe, en Colombie, qui fut visitée par de Humboldt. On y entre par une voûte de 24 mètres de hauteur sur 27 de largeur. La roche escarpée qui la domine est couverte d'une végétation luxuriante, composée d'arbres gigantesques, de buissons en fleur et de lianes qui pendent de la voûte en guirlandes et festons, sans cesse agités et balancés par les courants d'air. En suivant le lit d'un large ruisseau qui sort de la grotte, de Humboldt trouva encore, 40 mètres après, le même ruisseau bordé de bananiers aux larges feuilles, qui atteignaient une élévation de 6 mètres. Jusqu'à une distance de 140 mètres de l'orifice, la lumière du jour pénétrait encore assez pour qu'on pût se dispenser d'allumer des torches, car la grotte conserve, sur une grande longueur, la même direction. En poussant plus loin, on entendit les cris des oiseaux de nuit, appelés *Guacharos*, qui font leur séjour au fond de cet antre. Ils nichent dans les innombrables crevasses dont la roche est percée, à 20 mètres environ au-dessus du sol. Leurs cris, répercutés par les parois de la voûte, produisaient une indescriptible clameur.

Jusqu'à une distance de 485 mètres de l'orifice, la grotte conserve les dimensions de l'entrée. L'ombre festonnée des stalactites se projetait en noir sur le fond lumineux d'une belle colline que le soleil éclairait de ses rayons, et qui faisait face à l'entrée de la grotte. Il fallut ensuite se hisser sur une élévation abrupte où le ruisseau forme une cascade. A partir de ce point, la hauteur de la voûte se réduit à 13 mètres environ, et le sol est couvert d'un terrain noir, sur lequel poussent quelques herbes rabougries. Mais à mesure que le corridor se rétrécissait, les cris des oiseaux devenaient plus assourdissants

Ces clameurs firent tant d'impression sur l'esprit des guides indiens, qu'ils refusèrent de s'avancer plus loin : ce qui mit un terme à l'exploration de de Humboldt. Il avait pénétré jusqu'à 820 mètres de l'orifice quand il fut contraint de revenir sur ses pas.

Au pied des coteaux calcaires qui bordent la rivière Verte, dans le Kentucky (Amérique du Nord), à plus de 100 kilomètres au sud de Louisville, se cache, sous les broussailles d'une

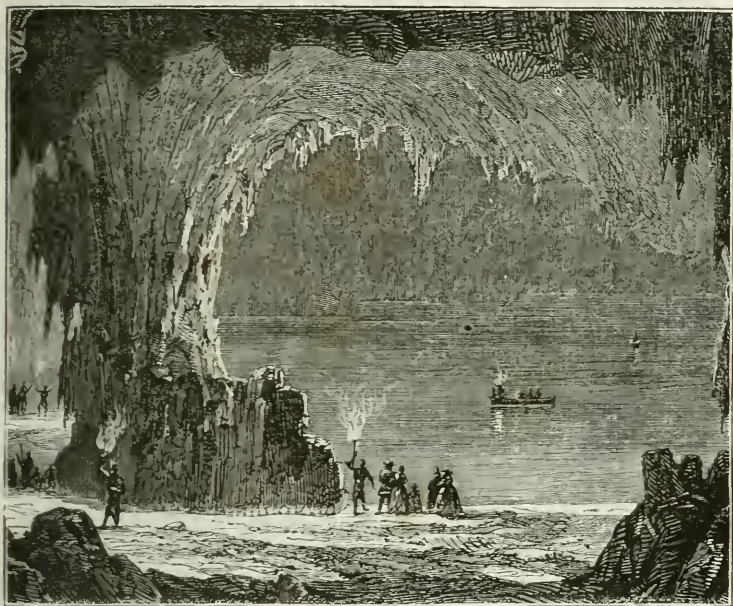


Fig. 132. Grotte du Mammouth dans le Kentucky (Amérique du Nord).

végétation exubérante, l'entrée de la plus vaste des cavernes connues jusqu'à ce jour : la *caverne du Mammouth* (fig. 132). On a déjà exploré une dizaine de lieues dans ce dédale, sans en bien connaître tous les replis, qui se noient dans d'épaisses ténèbres. Un voyageur, M. L. Deville, en a donné récemment une intéressante description.

Accompagné de l'un des nombreux guides qui se trouvent à l'entrée de la caverne pour diriger les touristes, et muni d'une lampe de mineur, notre voyageur descendit d'abord 60 mar-

ches. Il se trouva alors dans une galerie haute et large d'une vingtaine de mètres et longue d'un kilomètre, à laquelle on a donné le nom de *salle d'Audubon*. Elle aboutit à la *Rotonde*, vaste salle d'où rayonnent de nombreux couloirs. Un de ces couloirs conduit à un carrefour dont la voûte forme une nef immense, décorée de longues stalactites, et que l'on appelle l'*Église*. Des concrétions de stalactites calcaires y forment des colonnades, des stalles, et y dessinent même une sorte de chaire où plus d'un ministre protestant est venu prêcher. En sortant de ce temple naturel, on arrive par une série de corridors, à la *chambre des Revenants*, où l'on a découvert autrefois une immense quantité de momies indiennes. Ce vaste cimetière d'une race disparue sert aujourd'hui de buvette; les femmes des guides y tiennent des rafraîchissements et même des journaux. Quelques malades qui habitent ces souterrains, pour profiter de leur atmosphère salpêtrée, se réunissent dans cette partie de l'immense catacombe.

Si l'on descend le long de plusieurs échelles, et que l'on franchisse un vieux pont de bois, dont l'apparence de vétusté est peu rassurante, on arrive à un étroit sentier dont la voûte finit par s'abaisser tellement, qu'il faut marcher en rampant; ce couloir a reçu le nom expressif de *chemin de l'Humilité*. Il aboutit à la *chaire du Diable*, sorte de balcon au-dessous d'une ouverture taillée dans le rocher, et conduit à l'*Abîme sans fond*. C'est un noir précipice, dont la profondeur surpasse toute imagination. Des cornets de papier huilé que l'on y jette enflammés s'éteignent avant d'arriver au fond. On raconte que deux nègres fugitifs, poursuivis à outrance dans ce sombre labyrinthe par leurs persécuteurs, se sont précipités dans le gouffre effrayant. Une corde de 300 mètres n'atteint pas le fond de cet abîme<sup>1</sup>. En montant et descendant toujours, on arrive sous l'immense *dôme du Mammoth*, dont la coupole, qui a 130 mètres d'élévation, se perd dans les ténèbres. Un sentier qui s'élève en tournoyant mène presque au sommet de ce

1. On dit qu'à Frederickstall, en Suède, il existe une fente dans une roche granitique, dont la profondeur est telle, que la chute d'une pierre ne s'y fait entendre qu'au bout d'une minute et demie ou deux minutes: ce qui donnerait par un calcul facile à faire, 12 ou 18 kilomètres, deux fois la hauteur des plus hautes montagnes du globe.



dôme, qui consiste en une voûte noire parsemée de cristaux brillants : c'est la *Chambre étoilée*. Éclairée par une lampe, cette coupole, tout incrustée de brillantes stalactites, scintille comme le ciel d'une nuit d'été. Par une adroite gradation de la lumière, les guides savent imiter le lever de l'aurore ou l'arrivée de la nuit.

Après avoir traversé, à quelque distance de là, un bassin de 8 à 10 mètres, que l'on appelle *Dead sea* (mer Morte), on arrive



Fig. 133. Rivière du Styx dans la grotte du Mammoth.

à un large cours d'eau qui porte le nom de *Styx* et qu'il faut traverser en canot.

« Je monte dit M. Deville, dans la grossière barque de Caron. Mon noir nautonnier pousse quelques cris et les voûtes résonnent au loin ; on dirait les gémissements des âmes en peine condamnées à ces ténèbres éternelles. Nos lumières répandent des teintes rougeâtres sur les roches qu'elles profilent d'une façon étrange, pendant que sur l'eau du Styx, tout émaillée de brillants reflets, tranche vigoureusement la silhouette du nègre. Ce spectacle étrange me jetait dans des réflexions singulières, lorsqu'un bruit épouvantable retentit soudain dans la caverne. On eût dit un immense éboulement. Ce n'était toutefois qu'une surprise de



mon guide, qui montrait ses dents blanches en riant aux éclats. Tandis qu'absorbé dans mes rêveries, j'oubliais sa présence, il était descendu à terre, et frappant à coups redoublés sur une pièce d'étoffe, il avait éveillé ce fracas d'échos qui venait interrompre en sursaut le cours de mes réflexions. »

Au bout d'une demi-heure de navigation, on met pied à terre sur un sable fin. A quelque distance on aperçoit une petite source sulfureuse, puis l'*avenue de Cleveland* qui mène au *Salon de Neige*, dont les murailles sont d'une éclatante blancheur. Des sentiers très-accidentés conduisent de là aux *montagnes Rocheuses*, amas de rochers détachés de la voûte, à travers lesquels on parvient à la *grotte des Fées*, où les stalactites forment des colonnades, des arceaux et des arbres d'un aspect magique. Le bruit des gouttes d'eau qui tombent de toutes parts donne d'étranges sonorités à ce sombre labyrinthe. Au fond de la salle est un groupe gracieux qui imite un palmier d'albâtre, au sommet duquel jaillit une source.

Quand on est parvenu à la *grotte des Fées*, on a parcouru quatre lieues. Il faut dix heures pour l'aller et le retour. Aussi, quand on revient de cette longue excursion souterraine, on salue la lumière du jour avec une satisfaction facile à comprendre.

Les grandes cavernes de la vallée de Castleton, en Angleterre, dont l'une a une longueur totale de plus d'un kilomètre, rappellent, sauf leur moindre étendue, les magnifiques grottes souterraines de l'Amérique du Nord, que nous venons de décrire. Elles offrent aussi une suite d'évasements successifs et d'étranglements, des gouffres sans fond, des lacs souterrains qu'il faut traverser en bateau, des piliers immenses, formés de brillantes stalactites, qui supportent la voûte, et étincellent par la réflexion de la clarté des torches; elles réunissent enfin tout le merveilleux spectacle que présentent les grottes souterraines.

Une autre grotte à stalactites célèbre est celle de l'île Antiparos, située dans l'Archipel grec. On y descend par un puits, au moyen d'une échelle de corde, et l'on arrive ainsi à une très-belle grotte de 70 mètres de haut sur 80 de large. Au fond de la grotte, on aperçoit une pyramide isolée, haute de 15 mètres, semblable à une tiare relevée de plusieurs chapiteaux

cannelés ; M. de Nointel y fit célébrer la messe en 1673, devant une nombreuse assistance.

La *grotte de Han* est la plus grande curiosité naturelle de la Belgique. Quatre fois plus grande que la grotte d'Antiparos, parcourue, comme la grotte d'Adelsberg, par une rivière intérieure ; pouvant être traversée d'un bout à l'autre, sans que l'on ait besoin de revenir sur ses pas ; placée dans un vallon délicieux arrosé par la rivière la Lesse, la *grotte de Han* mérite d'être visitée par les amateurs des merveilles de la nature<sup>1</sup>.

Le nom de *Han* est d'origine turque. Un *han* est un lieu couvert dans lequel se trouvent plusieurs séparations, ou salles, pouvant servir de centre de réunion. Il est probable que c'est à un usage de ce genre que servit cette grotte, en des temps reculés. Elle a donné son nom au village de Han.

Il est facile de reconnaître que l'entrée de cette grotte a été habitée autrefois. Les découvertes que l'on y a faites, à différentes époques, telles que diverses pièces de monnaie, des clefs anciennes, des outils de maréchal, des ossements humains, en sont la preuve. Cependant elle n'a jamais pu servir que d'habitation passagère, tant par son humidité qu'à cause de la rivière qui la parcourt à l'intérieur.

Le voyageur qui part de Bruxelles arrive en quelques heures à la station de Jemelle, à une lieue de Han. Partant de Jemelle, il traverse Rochefort, et arrive au village de Han. Avant de s'engager dans les profondeurs de la grotte souterraine où l'attendent mille spectacles variés, il contemple le gouffre dans lequel viennent se jeter les eaux de la *Lesse*. Cette rivière s'introduit en ce point de la grotte par une série de cascades, pour reparaitre plus loin, à l'intérieur de la caverne.

Nous n'entreprendrons pas de donner la description détaillée des nombreuses curiosités naturelles que le visiteur trouve sur ses pas, pendant le trajet, qui dure trois à quatre heures, à l'intérieur de la grotte de Han. Contentons-nous de dire que l'on parcourt une série de vastes salles, de hauteurs diffé-

1. Plusieurs auteurs se sont occupés de la *grotte de Han*. L'abbé de Feller, qui a longtemps habité la petite ville de Marche, y fit une descente en 1771, et après une deuxième visite en 1776, en donna une description intéressante. MM. Kichx et Quetelet en ont fait, en 1822, une description scientifique. Une autre a été publiée dans le *Voyage pittoresque au royaume des Pays-Bas*, en 1825. En 1830, le docteur Alleweireldt a publié le meilleur travail sur cette caverne.

rentes, décorées, comme toutes les grottes de ce genre, de stalactites qui étincellent à la lumière des torches, et coupées de précipices, qui doivent rendre circonspect le voyageur en quête d'émotions ou de surprises.

Les noms de ces différentes pièces sont bizarres ou significatifs : il y a la *salle des Scarabées*, la *salle des Renards*, la *salle de la Grenouille*, noms tirés des animaux qui fréquentaient autrefois ces retraites; la *galerie* et la *salle du Précipice*, l'*Incomparable*, la *salle du Mamelon*, les *Trophées*, l'*Alhambra*, les *Mystérieuses*, la *place d'Armes*, le *Portique*, les *Draperies*, la *salle du Dôme*, etc., etc.

La dernière partie du trajet s'accomplit en bateau. Le touriste descend dans une nacelle, et s'y tient prudemment assis. Le nautonier agite lentement ses avirons, et laisse pendant quelques instants le visiteur jouir des émotions qui remplissent son âme. Les guides secouent leurs flambeaux résineux; ils allument des torches de paille, et font apercevoir une voûte à moitié ogivale, à moitié horizontale, formée, pour ainsi dire, de deux seules pierres dans toute sa longueur, et ornée d'une quantité de brillantes stalactites.

Le nautonier laisse sa barque suivre lentement le cours des eaux. Le silence qui règne en ces lieux souterrains n'est interrompu que par le bruit perçant des chauves-souris, par le clapotement monotone des gouttes d'eau qui, se détachant de la voûte, tombent dans la rivière, et par les continuels soubresauts des poissons, que la clarté de la lumière attire en foule au bord de la nacelle.

On est alors parvenu à l'issue de la grotte. Mais avant de revoir le jour, le touriste se donne le plaisir d'entendre le merveilleux écho qui se répète à l'infini dans les flancs de la caverne.

« Le bruit d'un coup de fusil, dit le docteur Alleweireldt, tiré à la sortie des eaux de la grotte, ressemble à celui d'une pièce de campagne! Immédiatement après le premier coup, un deuxième le suit, puis un troisième, un quatrième, et cela pendant douze à dix-huit secondes. A chaque nouvel écho, le bruit semble s'éloigner, et le dernier se fait entendre, en apparence, à quelques lieues de là, et paraît mourir dans le sein de la terre. L'ensemble du bruit imite très-bien un coup de tonnerre, très-éclatant et redoublé, dont le roulement et le frémissement aérien sont parfaitement semblables. Celui qui ne serait pas prévenu croirait

que la foudre éclate et détone à ses côtés. Le rocher semble se fendre ; le craquement, l'explosion, le mugissement se répètent de tous côtés ; le bourdonnement et les coups formidables se reproduisent ; le rocher paraît ébranlé jusque dans ses fondements ; les voûtes de l'immense caverne ont l'air de se fendre et de se détacher, etc. A ce bruit épouvantable succèdent le calme et un silence profond. »

Aujourd'hui, un petit canon a remplacé la simple carabine que l'on faisait autrefois retentir sous la voûte. Rien ne peut, dit-on, rendre l'effet que produit ce coup de canon, répercuté par les mille échos de la caverne.

Mais ce qui a le plus de charme sous ces voûtes, ce sont les instruments de musique. Chaque année, plusieurs sociétés d'harmonie et de chœurs viennent faire retentir ces lieux sombres de leurs délicieux accords.

C'est par cette dernière salle que le touriste sort de la caverne et retrouve le jour.

« Il n'est point d'optique, dit le *Guide du voyageur à la grotte de Han*, qui puisse se comparer au coup d'œil réservé au visiteur, lorsque, les guides éteignant leurs torches, l'obscurité de ces antres ténébreux fait place au crépuscule du jour qui s'avance vers la gondole voguant lentement à la surface des eaux. Il renaît à la vie, ses émotions sont douces. Il ne vit plus que pour admirer un panorama unique dans son genre. S'il a le bonheur de rencontrer, à sa sortie, un de ces couchers de soleil d'Italie, que la nature prodigue souvent à nos montagnes, il reste immobile d'admiration. Enfin, tous les auteurs qui ont écrit sur le sujet qui nous occupe, s'accordent à dire que le trajet par eau est sans contredit l'épisode le plus beau de cette excursion ; ils l'appellent le *bouquet*.

« Lorsque le visiteur est rendu à la lumière, il éprouve un sentiment de bien-être indicible ; toutes ses craintes, ses frayeurs, ses émotions lugubres ont disparu, pour faire place à la jouissance de la belle nature et du tableau ravissant qui se déroule à ses yeux. Il quitte sa nacelle, s'avance lentement vers le rocher qui couronne l'extrémité de cet antre mystérieux, d'où il sort enfin par le côté célèbre appelé *Trou de Han*. . . . . Le touriste se trouve dans un vallon délicieux, au milieu de jardins et de sites agrestes, uniques dans leur genre ; il jette un dernier regard sur la grotte, laisse, à gauche, un charmant petit manoir, nommé le *Pavillon de la grotte*, dont l'habitation est enviée par tous les amateurs des beautés pittoresques de la nature ; il suit une longue avenue de châtaigniers, et bientôt regagne le centre du village de Han <sup>1</sup>. »

1. *Guide-Album du voyageur à la grotte de Han-sur-Lesse*, par un habitant du village, ornée de douze vues dessinées d'après nature. Bruxelles, 1859.



En France, la *grotte de Miremont*, qu'on appelle aussi le *Trou de Granville*, et qui est à peu de distance de Bagne, se compose d'une longue file de chambres très-régulières, dont les plafonds offrent des incrustations siliceuses.

Une grotte très-remarquable par l'élégance de ses colonnes et ses piliers de stalactites est celle de Ganges (Hérault), connue sous le nom de *grotte des Demoiselles*. Elle est creusée dans le terrain silurien, tandis que la plupart des cavernes du globe appartiennent au calcaire jurassique.

La *grotte des Demoiselles* occupe l'intérieur de la colline du Taurat, à quelques centaines de mètres du village de Saint-Bauzille et à une lieue de la ville de Ganges. L'ouverture de la grotte est placée sur le plateau de la colline du Taurat. De ce plateau, recouvert de chênes verts, on domine le vallon, un frais vallon cévenol, encadré de montagnes et traversé par l'Hérault.

M. Ernest Hamelin a publié, en 1861, dans le journal *le Messager du Midi*, de Montpellier, le récit d'une excursion à la *grotte des Demoiselles*. Nous rapporterons ici une partie de cette intéressante description de l'une des merveilles naturelles de la France, qui n'a que le tort d'être peu connue :

« Vers l'extrémité nord du plateau de la colline du Taurat, dit M. Ernest Hamelin, le rocher paraît s'être effondré sur une superficie de quelques mètres et présente une excavation circulaire assez profonde : c'est l'entrée de la grotte. Une rampe de fer, et plus bas une échelle, sont disposées pour en faciliter l'accès. Au bout de quelques minutes, nous nous trouvons tous réunis au fond de cette sorte de puits. Les bougies et les torches s'allument, et, disant pour quelques heures adieu au soleil, nous disparaissions avec nos guides par une fissure qui forme l'entrée du *Vestibule*.

« Nous avons à peine fait quelques pas, et déjà nous pouvons nous faire une idée de la puissance des dépôts calcaires accumulés dans la caverne. Des stalactites énormes dressent leurs blanches et capricieuses silhouettes ; les parois du rocher semblent tapissées d'une neige pétrifiée, mouchetée çà et là de cristaux transparents comme des glaçons, s'irrisant de toutes les couleurs du spectre sous les rayons de nos lumières.

« Ce n'est pourtant que le prélude de merveilles bien plus étranges. Nous sommes descendus au fond du *Vestibule*, qu'une porte isole des autres parties : c'est une précaution prise contre les indiscrets qu'une curiosité imprudente porterait à s'aventurer, sans guides, dans l'inextricable dédale dans lequel nous pénétrons. Nous cessons de descendre quelques instants pour monter vers la salle du *Manteau royal*. Là, nous

trouvons une bizarre et magnifique surprise : une immense draperie de pierre, artistement jetée sur un portemanteau de rocher, pend d'une saillie de la voûte et étale ses plis harmonieux et ondulants comme le velours ou le satin. Rien n'est curieux et étonnant comme cette singulière œuvre de la nature : certains détails sont réellement modelés avec un art féérique.

« Nous nous arrachons à ce spectacle et descendons vers la *Grande-Salle*, ou *salle de la Vierge*. Jusqu'ici notre pérégrination souterraine s'é-



Fig. 134. Grotte des Demoiselles, à Ganges (Hérault). — Salle de la Vierge.

tait effectuée sans trop d'encombre : quelques fissures un peu étroites, quelques escarpements un peu brutaux à franchir, à cela s'étaient à peu près bornés nos efforts de gymnastique. Mais maintenant chacun doit déployer toutes les ressources de son agilité et de sa vigueur musculaire ; il doit prendre les positions les moins usitées dans la vie habituelle, ramper sur le ventre ou se traîner sur le dos, marcher courbé à tous les degrés possibles ou impossibles, se glisser le long des parois sur une saillie large comme deux travers de main, descendre des rochers pres-

que à pic et aussi élevés que des maisons, se cramponner, la bougie aux dents, à toutes les aspérités, et le plus souvent ne faire un pas qu'après avoir soigneusement éclairé la place où il mettra le pied. Ne nous posons pas en héros cependant : il n'y a plus aujourd'hui de danger sérieux. Les endroits vraiment périlleux, le fameux *pas du Diable*, par exemple, par où l'on entre dans la *Grande-Salle*, ont été garnis de rampes de fer, et une échelle de même matière y remplace l'aventureuse échelle de corde d'autrefois. Les guides sont là d'ailleurs. Aucun accident n'est jamais survenu, bien que d'élégantes dames aient à plusieurs reprises courageusement exploré la grotte dans ses moindres détails.

« De magnifiques compensations sont d'ailleurs réservées à nos fatigues. La *salle de la Vierge*, où nous venons de pénétrer, regorge, à la lettre, des plus étranges et des plus surprenantes formations ; nulle part au monde, assurément, la nature n'a accumulé avec plus de profusion des œuvres plus merveilleuses. Citons seulement le *Manteau impérial*, admirable draperie du même genre que celle que nous avons vue au sortir du *Vestibule* : citons surtout les *Grandes-Orgues*, la plus imposante de ces bizarres et gigantesques créations du hasard. A la vue de ces piliers d'albâtre hauts comme des clochers de cathédrale, de ces buffets énormes se détachant de la paroi circulaire avec un relief effrayant, de cette coupole tapissée d'aiguilles blanches, dentelée, fouillée comme par le patient ciseau d'un sculpteur du moyen âge, on se sent un moment comme anéanti. Chaque feu de Bengale qui s'allume, éclairant d'une lumière différente cette scène émouvante et grandiose, arrache à toutes les poitrines des cris d'admiration.

« Mais nous voici près de la pièce légendaire de la caverne, de celle qui a donné son nom à la vaste salle où nous trouvons. Aussi notre chef des guides ne néglige-t-il aucun moyen de la produire sous son plus magique aspect, et tire-t-il de la mise en scène naturelle le plus habile parti. C'est un vrai coup de théâtre, plus le gigantesque des proportions. Nous arrivons à un point où notre marche est subitement arrêtée par un précipice, que le rocher embrasse dans une courbe semi-circulaire. Sur l'invitation de notre guide, toutes les lumières s'éteignent. Pendant ce temps, il se glisse le long de la paroi, au-dessus du gouffre, et place un feu de Bengale sur une corniche. Tout à coup la flamme jaillit et vient frapper en plein une statue de femme drapée et couronnée, surgissant du milieu de l'abîme et détachant, sur le noir absolu du fond, la bizarre et merveilleuse ébauche de ses formes colossales : c'est la *Vierge*. La première impression est vraiment saisissante et explique facilement les naïfs et miraculeux récits auxquels ce singulier phénomène a donné naissance dans la contrée.

« La *Vierge* est le dernier tableau de cette longue et fantastique galerie ; mais nous tenions à descendre jusqu'au fond de la grotte. C'était un peu vanité de touristes, mais surtout désir de nous assurer de la hauteur exacte de la voûte, que Marsollier, en 1782, et tous les explorateurs après lui, ont évaluée à 100 mètres.

« Bientôt nous aspirons à pleins poumons le grand air sur le plateau du Taurat. Nous quittons enfin nos braves guides, le souvenir plein de



ces impressions qui ne s'effacent plus, et notre voiture nous emporte bientôt vers la charmante petite ville de Ganges. »

Dans le désert de la Thébaïde, en Égypte, on peut visiter les célèbres grottes de Samoun, ou *grottes des Crocodiles* (fig. 135), dont l'entrée est une crevasse irrégulière, à fleur de terre, large de 1 mètre et profonde de 3, au milieu d'un terrain granitique couvert d'une interminable chaîne de monticules ou de ma-



Fig. 135. Entrée des grottes de Samoun.

melons sablonneux. Ces sombres cavernes, aux parois noires, que recouvre un enduit pâteux, renferment d'innombrables momies de toutes sortes, et surtout des crocodiles embaumés. Des nuées de chauves-souris les infestent et se heurtent contre le visage du visiteur.

La décomposition, l'altération des basaltes par l'action de l'air ou des eaux, a formé plusieurs grottes naturelles qui revêtent un aspect tout particulier d'élégance par leurs hautes co-



lonnes prismatiques. La plus célèbre de ces grottes basaltiques est celle de l'îlot de Staffa : on la connaît sous le nom de *grotte de Fingal* (fig. 136). On trouve dans la même île la grotte de *Boat*, de *Cormorant*, etc.



Fig. 136. Grotte de Fingal.

Staffa n'est qu'un bloc de basalte, resté debout au milieu d'une masse éruptive qui forme l'île de Mull, sur la côte occidentale de l'Écosse. La *grotte de Fingal*, que les vagues ont

creusée dans le basalte, s'ouvre sur la mer par une entrée de 20 mètres de hauteur sur 12 de large, formée de deux rangées de colonnes verticales parfaitement régulières, et surmontées d'un cintre naturel. L'intérieur est une longue voûte, de proportions si élégantes, qu'elle semble avoir été ciselée par des artistes. Chaque pilier, et même chaque fragment de pierre, est exactement prismatique et taillé à faces régulières. La mer passe d'un bout à l'autre de la grotte. La lumière du jour devient très-faible à son extrémité; grâce à ce demi-jour, les petites colonnes prismatiques groupées semblent figurer le chœur d'une église, avec ses orgues noircies par le temps. Quand la mer est tranquille, on distingue sous les eaux, profondes de 5 mètres, le fond de la grotte, semblable à un beau parquet de marbre noir. Mais ordinairement la mer est agitée; ses vagues se brisent et se divisent en écume, et frappant avec fracas contre le fond et les parois de la caverne.

Si l'on pénètre jusqu'à l'extrémité de la grotte, on aperçoit, un peu au-dessus de la surface de l'eau, une espèce d'ancre d'où sortent des sons harmonieux, ou du moins agréables, chaque fois que l'eau tombe au fond du gouffre. C'est cette circonstance qui a valu à cette grotte le nom qu'on lui donne dans le pays de Galles, et qui signifie *cave de Musique* (*Llaimh binn*).

Une caverne naturelle qui doit sa formation à quelque ébranlement volcanique du sol, c'est la célèbre *grotte d'Azur*, creusée dans la paroi à pic de l'île de Capri, qui se dresse en face de Naples.

Capri est le nom moderne de l'ancienne île de Caprée, qui servit de retraite à Tibère dans les derniers temps de sa vie, et qui abrita sa tyrannie, ses cruautés, ses vices et ses débauches.

Cinq ou six heures suffisent, dans la belle saison, pour qu'un bateau à vapeur transporte le touriste du port Sainte-Lucie, de Naples, à l'île de Capri. A peine débarqué dans l'île, il se hâte de prendre un petit bateau, pour se rendre à la *grotte d'Azur*. C'est là que l'attend un spectacle vraiment féerique.

Quand la barque a franchi l'étroit passage, l'espèce de couloir

rétréci qui fait communiquer avec la mer l'intérieur de cette caverne, on se trouve au milieu d'une cavité spacieuse et, en apparence, close de toutes parts, dans un véritable bassin de roc et de cristal.

Seulement ce cristal est bleu.

L'eau, la barque, les parois de la grotte, tout, hommes et choses, paraît revêtu d'une teinte d'azur. Si le batelier se dépouille de ses vêtements et se jette à la nage, son corps fait briller de mille reflets de turquoise ou de *lapis-lazuli* l'eau qu'il agite par ses mouvements rapides et cadencés.

Ce phénomène ne manque jamais de provoquer, dans l'esprit du touriste, la plus vive admiration. Comment peut-on l'expliquer?

Vue en grande masse, l'eau n'est pas incolore : elle est bleue, comme l'air atmosphérique. A l'intérieur de la grotte de Capri, la lumière, doucement tamisée par une faible ouverture, éclairant d'une façon particulière une assez grande hauteur d'eau, fait apparaître la couleur naturelle de cette eau, c'est-à-dire la couleur bleue. Cette couleur se réfléchit sur les parois de la grotte; elle teinte d'azur tous les objets placés à l'intérieur de la cavité. Voilà tout le mystère.

Quand on s'enfonce sous l'eau de la mer ou celle des rivières, dans une cloche à plongeur, on reconnaît que la teinte de l'eau, vue en grande masse, est d'un bleu pâle. Quand on descend sous la coque d'un navire à vapeur à hélice, pour examiner ou réparer son hélice, en se servant d'une petite cloche à plongeur appropriée à cet usage, on se voit environné d'une masse liquide d'un pâle bleu de ciel. Ces deux observations prouvent que les teintes qui revêtent les parois de la *grotte d'Azur* proviennent de la réflexion, opérée sur ses parois, de la coloration bleue qui est propre à l'eau de mer, quand on la voit en masse et par un faible éclairage.

Lorsque, en 1865, je visitai, avec quelques compagnons de voyage, la grotte de Capri, je ne manquai pas d'exhiber cette explication scientifique. Je dois dire qu'elle fut peu goûtée. La théorie d'un physicien était mal à sa place en présence d'un spectacle naturel dont on aime à laisser flotter la cause réelle dans un vague mystérieux, propre à la rêverie de l'âme.

Le physicien lui-même, il doit le dire, ne songeait pas beau-

coup à la physique, en présence de ce ravissant effet d'optique naturelle.

L'entrée de la *grotte d'Azur* est difficile, et même dangereuse par les gros temps. Cette espèce de port creusé dans l'épaisseur des rochers du rivage communique avec la mer par une ouverture si étroite, si peu élevée au-dessus du niveau de l'eau, que, quand la mer est forte, les vagues en ferment complètement l'entrée et en rendent l'accès impossible. Par le temps le plus calme, il faut même se baisser à l'intérieur du bateau, si l'on ne veut pas se briser le crâne en franchissant l'ouverture, emporté par la vague. Il est arrivé même qu'un imprudent touriste s'est trouvé renfermé pendant quelques jours dans cet antre d'azur sans pouvoir en sortir.

Aussi le bateau à vapeur de Naples à Capri ne part-il jamais, en hiver comme en été, si la mer est menaçante. On empêche ainsi les voyageurs de s'exposer à la possibilité d'un danger.

L'eau qui existe dans toutes les cavernes passe quelquefois à l'état de glace. Parmi ces *glacières naturelles*, les plus célèbres sont celles de Fondeurle, où l'on exploite la nappe de glace pour les villes voisines; celle de la Chaux, à six lieues de Besançon: celle de Saint-Georges, dans le Jura; enfin celle du Mont-Vergi. Le sol de ces curieuses cavités est une nappe de glace limpide, et de leurs voûtes pendent d'énormes glaçons, semblables à de brillantes stalactites. Lorsqu'on y pénètre avec des torches allumées, la lumière, se reflétant sur les innombrables cristaux de glace, produit des magnificences dignes des contes des *Mille et une Nuits*.

Produite par le froid d'un hiver rigoureux, la glace de ces cavernes s'y maintient, une fois formée, en raison de la mauvaise conductibilité de l'air pour le calorique.

De quelques cavernes, et même de simples fentes, s'échappent quelquefois des courants d'air froid, dont l'explication a beaucoup occupé les naturalistes. Horace de Saussure cite les caves d'air froid du mont Testaceo, à Rome. de l'île d'Ischia, de Saint-Marin, de Cesi, de Chiavenna, de Caprino, de Mendrisio, d'Hergisweil, près de Lucerne. etc. On en trouve aussi en Catalogne, au pied du volcan du Batet, où le peuple lui donne



le nom de *bufadors*, et où ils sont un véritable bienfait. En hiver, le courant s'affaiblit et cesse complètement. ou même alors se renverse. Les caves du village de Roquefort, situé à deux lieues de Saint-Affrique (département de l'Aveyron), doivent leurs qualités spéciales pour la préparation du fromage de *Roquefort*, à un courant froid continu qui traverse les grottes souterraines de la montagne.

Tous ces phénomènes s'expliquent par l'existence d'orifices correspondants, situés à des niveaux plus élevés que ceux que l'on connaît, et qui donnent naissance à des courants d'air, quand l'air extérieur et l'air intérieur ne sont pas en équilibre de température. ainsi que nous l'avons déjà expliqué à propos des courants d'air qui sortent de dessous les glaciers.

Quand un accident local a emporté la voûte des cavernes ou des grottes, ces cavités, ordinairement closes, deviennent alors de véritables *gouffres*.

Dans la plupart des gouffres viennent se perdre d'abondants cours d'eau. Ils ne sont pas rares dans le Jura, et, selon toute apparence, ils communiquent avec des cavernes étendues. La Grèce présente un grand nombre de ces gouffres. Dans chaque bassin fermé de cette contrée, il existe une ou plusieurs cavités profondes dans lesquelles se dégorgent les lacs et les eaux sauvages qui nuiraient singulièrement aux récoltes si elles séjournaient sur le sol argileux. Ces trous, qui absorbent le trop-plein des eaux superficielles, s'appelaient chez les anciens *chasma*; on les nomme aujourd'hui *katavothra*<sup>1</sup>. Ils sont situés, en général, au pied des montagnes qui entourent le bassin.

1. P. de Boblaye. *Expédition scientifique de Morée*, tome II, deuxième partie.

### III

Les rivières et les fleuves. — Cours supérieur des fleuves et rivières.  
Torrents, chutes d'eau, cataractes et rapides.

Les fleuves et les montagnes forment les divisions les plus naturelles du sol : ce sont des *lignes de partage* qui deviennent souvent les frontières des empires ou des pays, et qui limitent les nationalités. Les bassins des fleuves appartiennent plus particulièrement aux terrains inclinés qui s'élèvent par degrés et forment une sorte d'intermédiaire entre les plateaux et les plaines basses (les *Stufenlaender* de Karl Kitter). Leur pente plus ou moins rapide, leur situation relative par rapport aux grandes plaines et à l'océan, enfin leur orientation, sont autant de caractères distinctifs qui donnent leur individualité propre à chacun de ces grands échelons du globe qu'on nomme les *bassins géographiques* ou *orographiques*. Leur importance dépend du nombre des rivières et des fleuves qu'ils produisent ; et quant aux fleuves ou cours d'eau, leur importance tient à leur débit et à la longueur de leur cours.

Le débit d'un fleuve dépend de la largeur et de la profondeur du lit, ainsi que de sa pente, qui est en corrélation avec la rapidité de son cours. Son *développement* résulte de la distance entre la source et l'embouchure d'une part, et d'autre part du nombre de tributaires et des ramifications que présente le cours d'eau. Une rivière, insignifiante en apparence, peut acquérir une importance considérable par les circonstances du terrain. Pour ne citer qu'un exemple, l'Isar, petite rivière bavaroise, reçoit sur son parcours 860 courants d'eau sur la rive gauche et 433 sur la droite ; elle est donc alimentée par 1294 sources, auxquelles s'ajoutent 136 lacs : toutes ces eaux arrivent à l'Isar par 103 tributaires. On comprendra quelle doit être l'utilité d'une pareille rivière pour le pays qu'elle arrose. L'Isar n'est pourtant lui-même qu'un des 34 tributaires

du Danube, lequel ne compte point parmi les plus grands fleuves de la terre.

La règle du langage qui consiste à appeler du nom de *fleuve* tout cours d'eau qui se rend à la mer, et *rivières* les affluents des fleuves, n'a rien de fixe, et, vu ses nombreuses exceptions, elle ne peut être acceptée que d'une manière très-générale. Malte-Brun pose ainsi les qualifications à donner aux cours d'eau, selon leur origine et leurs affluents :

« Les épanchements des sources et les écoulements des glaciers en fonte forment de petits courants plus ou moins tranquilles : ce sont les *ruisseaux*. Les eaux des grandes pluies se précipitent avec plus de rapidité et sillonnent les flancs des montagnes par des *torrents* impétueux et vagabonds. La réunion de ces courants forme des *rivières*, qui, en suivant la pente du terrain, se réunissent le plus souvent dans un plus grand canal, qui prend le nom de *fleuve* et qui porte à l'Océan le tribut de la terre. »

Mais le tributaire principal d'un bassin ne porte pas toujours le nom de *fleuve*. D'un autre côté, il est des rivières qui se perdent dans un marais, dans le sable ou dans un gouffre; d'autres dont le débit est sujet à des variations excessives. Tout cela prouve qu'en matière de géographie on ne peut pas toujours définir les mots avec rigueur, et établir des distinctions parfaitement nettes. Quand on vise trop à systématiser une science naturelle, on établit des règles qui souffrent autant d'exceptions qu'elles reçoivent de confirmations.

L'ensemble des pentes et des vallées d'où découlent les ruisseaux qui viennent alimenter une grande rivière s'appelle son *bassin* ou sa *région hydrographique*. Le *lit* d'un fleuve n'est autre chose que le canal où coulent ses eaux; il suit toujours le *thalweg* de la vallée principale, et reçoit les tributaires que lui envoient les vallées transversales ou secondaires.

Les groupes de montagnes, qui sont le berceau des sources et pour ainsi dire les *pépinières des fleuves*, forment des *lignes de partage* entre les eaux qui descendent de leurs versants opposés; les Allemands leur ont donné le nom de *wasser-scheiden* (partage des eaux). L'étude de ces masses saillantes de notre globe est du plus haut intérêt pour tous ceux qui ont à diriger des travaux hydrauliques, et qui par conséquent doivent connaître l'époque des crues et des débordements des rivières, la

rapidité, le volume et la profondeur des eaux, ainsi que leurs qualités physiques, lesquelles dépendent nécessairement de la nature des terrains traversés.

Les habitants de la Mongolie regardent les lignes de partage des eaux comme des lieux sacrés; ils y rassemblent des tas de pierres, surmontés de drapeaux, devant lesquels le passant s'arrête pour prier. Les Tongouses ne passent jamais devant ces monceaux sans se faire un devoir d'y ajouter au moins une branche de cèdre, pour que les *faites sacrés* ne viennent pas à diminuer.

Les *lignes de partage*, à l'intérieur des montagnes, rapprochent quelquefois deux cours d'eau que l'on n'est point habitué à associer par la pensée. Semblables à deux frères de lait destinés à se perdre de vue lorsqu'ils auront grandi, le Rhône et le Rhin naissent dans les hautes Alpes, à peu de distance l'un de l'autre; ils s'écartent ensuite, pour aller se jeter l'un dans la mer du Nord, l'autre dans la Méditerranée. Les sources du Missouri et de la rivière Colombia existent, dans les montagnes Rocheuses, en deux points à peine distants d'un quart de lieue; cependant les embouchures de ces fleuves, situées l'une dans l'océan Atlantique, l'autre dans le Pacifique, sont éloignées, en ligne droite, d'environ mille lieues. On peut faire la même remarque pour la Dwina, le Niemen et le Volga, qui divergent suivant trois directions différentes. Leurs sources se confondent pour ainsi dire au milieu d'un vaste marais: ce qui prouve d'ailleurs que le sol ne présente pas toujours une élévation marquée au point de séparation de deux bassins opposés. Cette élévation est pourtant la règle la plus générale; les montagnes servent ordinairement de frontières naturelles à deux bassins hydrographiques.

Deux grands fleuves ou bassins, en apparence complètement étrangers l'un à l'autre, peuvent se rapprocher entre eux par l'intermédiaire de tributaires ayant leur source sur un même massif. Quand les sources sont très-voisines et situées sur des plateaux accessibles, de sorte qu'on puisse établir entre les deux versants une communication facile au moyen d'un canal, on appelle ces points de rapprochement des *portages* (mot dont la signification primitive est celle d'une lacune dans la navigation: le point où il faut *porter* le bateau d'un lieu à un autre).



On en trouve un exemple dans les monts Karpathes, où le Donajec et le Poprad, tributaires de la Vistule, prennent naissance non loin des sources du Gran, du Hernath, de la Waag, etc., qui se rendent à la Theiss, affluent principal du Danube : on a même proposé d'y construire un canal, qui offrirait ainsi le moyen d'établir une communication entre la Baltique et la mer Noire.

Le cours des fleuves et des rivières se divise en trois parties, que l'on désigne sous les noms de *cours supérieur*, *moyen* et *inférieur*, et qui offrent chacun des caractères propres assez marqués. Dans la partie supérieure, l'eau souvent se précipite, plutôt qu'elle ne coule, entre des berges escarpées et en général rapprochées. C'est alors un torrent qui tombe de roche en roche avec impétuosité, se frayant un passage à travers les gorges et les anfractuosités qui resserrent ses flots écumeux, et formant des *chutes* ou des *cascades*. L'eau s'épanche ensuite dans les vallées plus larges et à pentes moins rapides ; là elle se calme et prend un mouvement plus doux. Dans les Pyrénées occidentales, ces torrents se nomment *gaves*. Les Espagnols appellent *quebradas* des torrents qui tarissent en été ; en Suède, ils portent le nom d'*elfs*. Ces eaux indomptées se chargent d'air dans leurs chutes multipliées, ce qui leur donne une couleur argentée : ce n'est que plus tard, dans la partie moyenne de leur cours, qu'elles deviennent limpides et prennent une teinte foncée, bleue ou verdâtre. Certaines rivières gardent le caractère torrentiel pendant la plus grande partie de leur trajet : c'est ce qu'on observe sur les cours d'eau de la Scandinavie, de l'Écosse, des Pyrénées, etc. La Doire et la Sésia, qui roulent dans des vallées profondes, sont de frappants exemples de ce genre de rivières.

Les *cascades* sont à coup sûr un des plus charmants spectacles que la nature offre à notre admiration. Les eaux tombent dans l'espace du haut d'un précipice ; c'est d'abord un ruban argenté qui se déploie sur les flancs de la montagne, qui diminue bientôt et finit par se réduire en brouillard. Si le soleil frappe de ses rayons ces nuages flottants d'eau divisée, il en fait des diamants étincelants, il les décore d'arcs-en-ciel ondoyants et mobiles.



Fig. 437. Cascade de Gavarnie.



Nous allons passer en revue les cascades les plus pittoresques, celles qui justifient le mieux les excursions des touristes.

La cascade de Gavarnie ou de Marboré, dans les Pyrénées françaises, mérite d'être citée la première à ce point de vue.

Quand on remonte le Gave de Pau, on arrive sur le faite du Pimené, qui sépare les vallées d'Estaubé et de Gavarnie. Le Gave traverse une suite de défilés toujours plus courts et de bassins toujours plus resserrés, à mesure que l'on remonte vers sa source. Tous ces bassins étaient autrefois des lacs d'où les eaux tombaient, d'étage en étage, en terribles cascades, avant d'avoir creusé le lit qu'elles parcouraient actuellement.

On appelle *cirque de Gavarnie*<sup>1</sup> un immense amphithéâtre de rochers, du haut desquels se précipitent un grand nombre de torrents. Gavarnie n'est qu'un petit village de quelques centaines d'habitants, qui a donné son nom à ce lieu, célèbre par sa beauté sauvage et la majesté de ses lignes.

Le cirque de Gavarnie est une sorte d'amphithéâtre à peu près demi-circulaire, qui a pour enceinte un mur vertical de 400 mètres de haut, surmonté de vastes gradins et couronné de rochers énormes en forme de crêneaux, restes d'un éboulement de la montagne. Du haut de cet amphithéâtre se précipitent dix à douze torrents. Le plus fort de ces torrents est considéré comme la source du Gave de Pau.

Nous emprunterons à l'*Itinéraire des Pyrénées*, de M. Ad. Joanne, la description du cirque de Gavarnie et de ses cascades.

« Le cirque de Gavarnie, dit M. Ad. Joanne, a 400 kilomètres de haut, 3600 mètres de tour, trois étages de murs perpendiculaires, et, sur chaque étage, des gradins innombrables. Les neiges éternelles qui recouvrent les sommets sont dominées à l'est par les môles énormes d'*Astazone* ou *Frazzona* (3080 mètres); à l'ouest, par les crêtes du *Taillon*; en face, s'élève le *Cylindre* (3322 mètres) et les *Tours* du Marboré, la *Brèche* et la *fausse Brèche*; mais ce qui attire surtout les regards, ce sont les *Cascades*. « Les « filets d'eau arrivent par milliers de la plus haute assise, dit M. Taine, « bondissent de gradin en gradin, croisent leurs raies d'écume, serpentent, s'unissent et tombent par dix ou douze ruisseaux qui glissent « de la dernière assise en traînées floconneuses pour se perdre dans les

1. Les montagnards des Pyrénées appellent les cirques *oule*, mot qui signifie *marmite*.



« glaciers du sol. » Le nombre des cascades varie suivant les saisons et la quantité des neiges; mais il en est deux qui ne tarissent jamais. L'une d'elles, la troisième sur la gorge, a 422 mètres de haut. « Elle tombe  
« lentement comme un nuage qui descend, ou comme un voile de mous-  
« seline qu'on déploie; l'air adoucit sa chute; l'œil suit avec complai-  
« sance la gracieuse ondulation du beau voile aérien. Elle glisse le long  
« du rocher et semble plutôt flotter que couler. Le soleil luit, à travers  
« son panache, de l'éclat le plus doux et le plus aimable. Elle arrive en  
« bas comme un bouquet de plumes fines et ondoyantes, et rejait en  
« poussière d'argent; la fraîche et transparente vapeur se balance autour  
« de la pierre trempée et sa traînée rebondissante monte légèrement le  
« long des assises. »

« La neige ne disparaît presque jamais du fond du cirque, et le Gave, formé par les eaux des cascades, est obligé de passer sous un long *pont de neige* qui varie de longueur et d'épaisseur suivant les saisons. Peu de curieux vont plus loin; cependant on ne peut avoir une idée exacte de la cascade, située à une heure de marche, qu'en allant la voir de près.

« En été, elle est rompue aux deux tiers par une saillie de rocher, et, quand on arrive au-dessous d'elle, on n'en voit plus que la partie inférieure, haute de 130 mètres environ. « Ces eaux, qui semblent tomber  
« de la nue ne forment d'abord qu'une nappe déployée, dit M. de Chau-  
« senque. La résistance de l'air la divise en vapeur, que la moindre  
« brise pousse au loin; un brouillard humide voltige dans l'atmosphère....  
« Mais si la cascade est encore si belle au soleil d'août, alors que les  
« glaciers sont le plus réduits, combien doit-elle être majestueuse et  
« terrible au printemps, lorsque, le vent d'Espagne venant à souffler sur  
« les neiges accumulées, les eaux rapidement fondues se précipitent  
« des terrasses supérieures, et, doublant leur volume de tous les rochers  
« qu'elles entraînent, viennent à s'élaner du haut de ces murailles en  
« une masse énorme qui ébranle la montagne dans tous ses fondements!  
« C'est alors qu'il faut la voir; la saillie du roc qui la brise a disparu;  
« dans sa hauteur de plus de 400 mètres, ce n'est qu'une nappe large,  
« unie, continûe, et tous ces filets qui drapent le pourtour du cirque  
« sont devenus d'importantes chutes. Ce sont toutes les trombes du ciel  
« qui fondent à la fois. »

« On disait autrefois que la cascade de Gavarnie prenait sa source dans un lac glacé, situé sur les hauteurs du Marboré. C'est une erreur, ainsi qu'on peut s'en convaincre quand on observe le Marboré du haut du Vignemale. La source, reconnue pour la première fois en 1847, a 2331 mètres d'altitude. Le niveau moyen du cirque est à 1220 mètres au-dessus du niveau de la mer. »

Une cascade de France que l'on peut mentionner moins pour sa hauteur que pour son élégance, c'est celle de la Druise, dans le Dauphiné. Elle est formée par la Gervanne, qui, peu de temps après être sortie des gorges d'Omblyze, parvient sur le bord d'un escarpement de 40 mètres de hauteur environ, et s'élanche d'un bond dans l'abîme, où ses eaux, tout à l'heure si



Fig. 1:8. Cascade du Staubach, en Suisse.



calmes sous un épais berceau de saules, se brisent en écume avec un bruit de tonnerre; ses eaux tarissent pendant une certaine période de l'année.

La magnifique *Cascata del Marmore*, que forme le Velino près de Terni, paraît avoir été créée, en partie du moins, par la main des hommes. Le consul romain Curius Dentatus avait déjà fait amener les eaux de la rivière à ce précipice, en l'an 274 avant Jésus-Christ; mais le lit qu'on leur avait préparé s'étant rempli de sédiments calcaires qui le comblaient, le pape Paul IV (ou, d'après d'autres, Clément VIII) fut obligé de le faire creuser à nouveau. Cette cascade est réputée l'une des plus belles de l'Europe.

Dans les Alpes suisses, la chute d'eau la plus élevée est celle du *Staubbach* (fig. 138). Cette cascade, qui n'a pas moins de 320 mètres de hauteur, est produite par le Pletschbab, dans la vallée Lauterbrunnen. C'est une énorme masse d'eau qui, avant d'arriver à terre, se disperse en une pluie fine, comme l'indique son nom, qui signifie *torrent de poussière*.

Citons encore la cascade du *Reichenbach*, dans l'Oberland bernois; celles de *Pissevache*, dans le Valais, et le *Giessbach*; le *Nant d'Arpenas*, dans la vallée de l'Arve; les chutes de la *Linth*, dans le canton de Glaris; celle de l'Aar (la *Handeckh*); de la Reuss, au Pont-du-Diable; de la Tosa, dans la vallée de Formazza, etc., etc.

La Suède et la Norvège sont riches en magnifiques cascades. La plus considérable est celle de Trollhetta, où la *Gotha-Elf*, issue de l'immense Wéner, qu'alimentent vingt-quatre rivières, se précipite dans un abîme de plus de 40 mètres sur des blocs de rochers qui la résolvent en une mer d'écume. C'est pour éviter cette chute d'eau que l'on a construit le canal de Trollhetta.

On peut encore citer, en Suède, la cascade d'Elfkaerleby; en Norvège, la chute de Rjukandfoss, formée par la Maanelv dans la province de Tellemarken et haute de 310 mètres; celle de Feiumfoss; celle de Glommen, de Pursoronka et d'Utahanna; enfin celle d'Ophthun, dans le Sognefield.

Sur les confins de la Laponie, l'Angermanna-Elf, belle rivière, large comme le Danube et bordée de forêts séculaires, forme une admirable cascade près de Liden; ses eaux s'y pré-



cipitent sur un archipel de petits îlots, qu'elles semblent vouloir emporter dans leur blanche écume (fig. 139).

Citons encore la petite cascade de la rivière de la Savane, à l'île Maurice (Ile-de-France), qui a cela d'intéressant qu'elle tombe sur une muraille basaltique formée de prismes parfaitement réguliers et formant ce que l'on nomme une *chaussée de géants* (fig. 140).

Il y a de nombreuses cascades dans l'Himalaya (où nous avons déjà mentionné celle de Satledge). Dans les Andes, les



Fig. 139. Une chute de l'Angermanna.

*quebradas* coulent parfois à une prodigieuse profondeur, entre des murs élevés de plus de 100 mètres. On cite aussi le Falling-Spring, de l'État de Virginie, arc d'eau magnifique qui s'élance en avant d'une muraille de rocher et sous lequel on peut passer à pied sec.

Si le terrain où tombe une cascade est étagé, l'eau s'élance de terrasse en terrasse, offrant tantôt une nappe, tantôt une muraille liquide, jusqu'à ce qu'elle arrive sur un plan qui lui



Fig. 149. Cascade de la Savane, à l'île Maurice.





rend son cours tranquille. Ce sont des chutes successives que l'on désigne plus spécialement sous le nom de *cataractes* ; elles abondent en Amérique.

Lorsque le sol ne présente pas une brusque solution de continuité, mais seulement une déclivité très-sensible, et lorsque en même temps le lit de la rivière est rétréci par des rochers saillants, il se forme un *rapide*, c'est-à-dire un courant doué d'une telle impétuosité qu'il est impossible aux bateaux de le remonter.

Cependant les rapides ne s'opposent pas toujours à la navigation ; dans certains cas, on peut les descendre et les franchir : c'est ce que l'on voit faire assez souvent aux sauvages de l'Amérique dans leurs canots d'écorce, aux créoles hardis qui, dans une barque élégante et légère, bravent les tourbillons et la force effrayante du courant. La figure 141 montre un *rapide* de la rivière Montmorency, dans le Canada, à 14 kilomètres de Québec. L'une des rives de ce torrent forme une suite d'assises ou de marches régulières, que l'on nomme l'*Escalier des Géants*. La cascade de Montmorency elle-même tombe d'une hauteur de 80 mètres, dans un large entonnoir bordé de sombres rochers à pic, dont les pointes se trahissent par les frémissements de l'eau. Un nuage de vapeurs blanchâtres s'élève dans l'air et s'irise aux rayons du soleil. Une fraîche végétation couvre le sommet des rochers, et les filets d'argent serpentent à côté de la chute principale.

On connaît les rapides de la rivière des Amazones, au Pongo de Manserichi, où elle est encaissée dans un défilé étroit, et ceux de la rivière du Connecticut. Mais, sans aller aussi loin, on peut citer comme remarquables, en Europe, les rapides du Rhône, à Pierre-Encise ; du Rhin, à Bingen ; du Danube, à Orsova, etc.

Parmi les *cataractes*, celles de Maypures, sur l'Orénoque, ont acquis une grande célébrité ; elles sont formées d'une infinité de petites cascades successives. On peut les voir très-bien de la petite montagne de Manimi, d'où de Humboldt les a souvent contemplées.

« Arrivé à la cime des rochers, dit le célèbre voyageur, les yeux mesurent soudainement une nappe d'écume d'un mille d'étendue : d'énormes masses de roches, noires comme le fer, sortent de son sein : les unes



sont des mamelons groupés deux à deux, semblables à des collines basaltiques ; les autres ressemblent à des tours, à des châteaux forts, à des édifices en ruine ; leur couleur sombre contraste avec l'éclat argenté de l'écume des eaux ; chaque roche, chaque îlot est couvert d'arbres vigoureux et réunis par bouquet. Du pied de ces mamelons, aussi loin que porte la vue, une fumée épaisse est suspendue au-dessus du fleuve : à travers le brouillard blanchâtre s'élance le sommet de hauts palmiers<sup>1</sup>. »

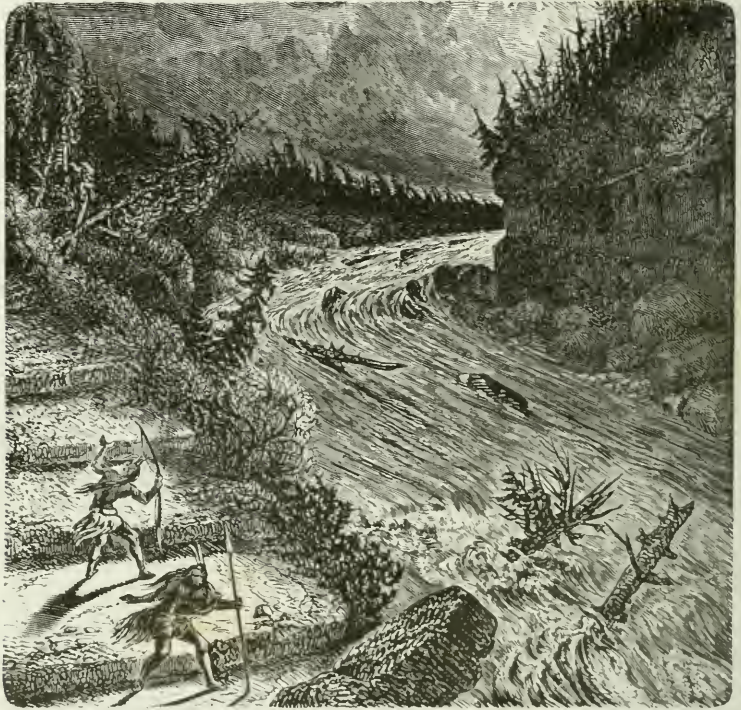


Fig. 141. Rapids de la rivière Montmorency au Canada.

Les autres grandes cataractes de l'Amérique sont celles du Potomac, du James-River, du Missouri, de la rivière Columbia, du Niagara, du Tequendama, non loin de Santa-Fé de Bogota : celle de Yosemite (Californie), qui a 800 mètres de hauteur. Le Rio San-Francisco, au Brésil, cesse d'être navigable sur une longueur de 100 kilomètres, à cause d'une suite de cataractes

1. A. de Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales*, t. VII, p. 170.

qui se terminent par la Cachoeira-Grande, et qui sont constamment enveloppées d'un nuage de vapeurs.

Le *Niagara* (fig. 142) est cette immense chute qui déverse les eaux du lac Érié dans le lac Ontario. Vers le milieu de sa longueur, il est traversé par un barrage naturel de rochers, hauts de 50 mètres, d'où les eaux s'élancent en formant cette immense cascade que l'on appelle le *saut du Niagara*. Ce nom, qui vient de l'iroquois, signifie *l'eau qui tonne*.

« Depuis le lac Érié, dit Chateaubriand, jusqu'au saut, le fleuve arrive toujours en déclinant par une pente rapide, et, au moment de la chute, c'est moins un fleuve qu'une mer, dont les torrents se pressent sur la bouche béante d'un gouffre. La cataracte se divise en deux branches et se courbe en fer à cheval. Entre les chutes s'avance une île, creusée en dessous, qui pend, avec tous ses arbres, sur le chaos des ondes. La masse du fleuve qui se précipite au midi s'arrondit en un vaste cylindre, puis se déroule en nappe de neige, et brille au soleil de toutes ses couleurs; celle qui tombe au levant, descend dans une ombre effrayante; on dirait une colonne d'eau du déluge. Mille arcs-en-ciel se courbent et se croisent dans l'abîme. L'onde, frappant le roc ébranlé, rejaillit en tourbillons d'écume qui s'élèvent au-dessus des forêts, comme les fumées d'un vaste embrasement. Des pins, des noyers sauvages, des rochers taillés en forme de fantômes, décorent la scène. Des aigles, entraînés par le courant d'air, descendent en tournoyant au fond du gouffre, et des carcajoux se suspendent par leurs longues queues au bout d'une branche abaissée pour saisir dans l'abîme les cadavres brisés des élans et des ours. »

Les deux sections de la cataracte appartiennent, l'une aux États-Unis, l'autre au Canada; elles ont respectivement 330 et 550 mètres de développement. La quantité d'eau qu'elles déversent a été évaluée à 250 000 hectolitres par seconde. L'île boisée qui se trouve au milieu porte le nom d'*île aux Chèvres*. On y a percé des allées qui dessinent une promenade; un pont récemment construit réunit l'île à l'une des rives. Dans l'île aux Chèvres, un escalier adossé à la roche conduit au pied de la cataracte; des gradins glissants permettent même de pénétrer sous l'immense voûte liquide de la cataracte, qui a 6 à 8 mètres d'épaisseur, et ressemble à une masse de cristal verdâtre. Ce dangereux escalier conduit à une petite grotte creusée dans le roc, où l'on peut respirer et se reposer; on la nomme la *grotte des Vents*, parce que l'air y est sans cesse dans un grand état d'agitation. Cette descente sous la voûte liquide est dangereuse, à cause des éboulements de la rive, dont on est tou-

jours menacé. Aussi le guide délivre-t-il un certificat au touriste qui a eu le courage de descendre dans ces ténèbres. Les bords de l'île et les rivages du Niagara ne sont pas, du reste, plus rassurants : chaque jour, des blocs de roches minés par les tourbillons s'écroulent et entraînent d'imprudents visiteurs.

Le recul lent, mais continu, de la cataracte du Niagara, produit par l'action des eaux qui dégradent et abaissent insensiblement son lit, est un fait connu. Les évaluations varient toutefois quant au degré de ce recul ; on a admis le chiffre de 1 mètre par an pour cette rétrogradation. M. Desor n'admet que 1 mètre par siècle<sup>1</sup>.

Quoi qu'il en soit, le phénomène de recul que présente la chute du Niagara est plus général qu'on ne le pense. Cette excavation de leur lit par les eaux mêmes qui le remplissent fournit la clef de beaucoup de phénomènes dans l'histoire d'un grand nombre de fleuves.

Le plateau sur lequel s'étend le lac Érié s'élève au-dessus d'une plaine d'alluvion qui renferme des roches diluviennes et des blocs de très-grandes dimensions ; ce plateau s'étend jusqu'au lac Ontario, dont le niveau est de 1000 mètres plus bas que celui de l'Érié. Mais cette plaine n'a pas toujours existé. Le plateau de l'Érié a dû, au contraire, s'étendre jadis jusqu'au lac Ontario, dans lequel les eaux du premier lac se déversaient alors sans aucune chute. Cette conclusion résulte de ce qui s'observe encore aujourd'hui. Il y a plusieurs siècles, la cataracte était située en face de l'emplacement de Lewistown ; mais l'action érosive des eaux l'avait déjà fait reculer de 12000 mètres, en 1818. Depuis, elle a encore sensiblement rétrogradé, surtout par l'éboulement qui eut lieu en 1828. Cette puissante érosion s'explique d'ailleurs facilement par la nature du terrain qui forme le lit du Niagara. Ce terrain se compose de couches de calcaire reposant sur du schiste. Les tourbillons de la cataracte creusent le schiste, et le calcaire qui le surmonte, ainsi ruiné, finit par s'écrouler sous le poids des eaux. Tout annonce que, dans un avenir plus ou moins

1. *Les Cascades du Niagara et leur marche rétrograde*, par E. Desor. Neuchâtel, 1854.





Fig. 172 La chute du Niagara et l'île aux Chèvres





éloigné, la chute du Niagara disparaîtra complètement, et qu'il n'y aura plus entre l'Érié et l'Ontario qu'une suite de rapides.

C'est ainsi que, suivant Karl Ritter, se sont formés les rapides du Rhin et d'autres fleuves européens. Les géologues ont constaté que beaucoup d'entre les vallées que ces fleuves arrosent ont été jadis d'immenses lacs, aujourd'hui desséchés. Telles sont les vallées du Rhin, entre Bâle et Strasbourg, et entre Ladenbourg et Bingen; celles du Danube, entre Ulm et Passau, et depuis Pesth jusqu'aux rapides d'Orsova. On peut faire la même remarque sur le cours moyen du Volga, du Gange, de l'Euphrate, etc. Autrefois ces divers fleuves s'évasaient en lacs qui alternaient avec des étranglements, comme cela se voit de nos jours dans le fleuve Saint-Laurent, dont le Niagara n'est qu'une partie, et qui relie entre eux les cinq grands lacs du Canada. Tel a été sans doute aussi l'état primitif de nos fleuves, qui ont déjà atteint un degré de développement supérieur, grâce à un nivellement général, qui a remplacé les sauts et les cataractes par de simples rapides. Le fleuve Saint-Laurent arrivera probablement au même état, mais dans un avenir éloigné.

En Afrique, où les cataractes abondent, et sont comme un trait caractéristique de ce pays, on connaît surtout celles du Nil, du Zambèse, du Zaïre au Congo, du Sénégal; en Sibérie, celles de Toungouska; dans l'Inde, celles du Gange et de Garispe, dans les *Ghattes* occidentales; dans la Nouvelle-Zélande, celle de la rivière Waitangi; enfin en Europe, les cataractes du Wyg, qui se jette dans la mer Blanche, et les treize *porogs* ou chutes que forme le Dniéper au-dessus de Katherinoslav; la célèbre chute du Rhin, près Schaffhouse, celle de l'Achen, près Salzbourg, etc., etc.

Les chutes de Félou, sur le fleuve Sénégal, sont situées à 150 kilomètres en amont de son confluent avec le Falémé. On y arrive du village de Médina, en gravissant une pente douce, qui conduit à un plateau très-étendu, à surface polie comme l'asphalte de nos boulevards. Après une marche de quarante minutes, on se trouve en face du fleuve et sous la cataracte (fig. 143). La différence des niveaux n'est alors que de 30 mètres; le plan vertical sur lequel les eaux se répandent en tombant est parsemé de blocs de grès que l'eau attaque et façonne

sans cesse en formes bizarres. On y voit des trous assez profonds, qui ont été creusés par les infiltrations et par les petits fragments de quartz, qui ont fait l'office de ciseau. Les eaux ont miné la roche en dessous, et ce sont les parties déjà affaissées qui ont découpé des écluses ou trouées dans le mur de grès qui barre le fleuve, du sud au nord. Les formes singulières que présentent, par suite de leur altération par les eaux, les roches qui entourent la chute de Félou, ont donné lieu, parmi les nègres, à une foule de légendes.



Fig. 143. Chute de Félou (Sénégal).

M. Livingstone a découvert les chutes du Zambèse (fig. 144), que les indigènes appellent *Mosi-oa-Tounya* (la fumée qui tonne). Elles produisent, en effet, cinq colonnes de vapeur que l'on aperçoit à plus de 10 kilomètres, et qui, blanches à la base, prennent une teinte plus sombre en haut, ce qui augmente leur ressemblance avec de la fumée. D'énormes baobabs et de gracieux bouquets de palmiers couvrent les rives du fleuve et les îles qui le parsèment. On peut atteindre, en canot, l'une de ces îles, situées tout près de l'abîme. On voit alors le Zambèse, large ici de 1600 à 1700 mètres, s'engouffrant dans une fissure

béante de la chaussée de basalte qui vient croiser son lit. Cette fente, qui a 100 mètres de profondeur, se prolonge ensuite du côté du nord, sur une longueur de 6 à 7 myriamètres. L'eau du fleuve, tombant d'un seul jet dans ce gouffre, et rejetée d'une anfractuosité à l'autre, tourbillonne, rebondit, et lance des nuages épais d'écume et de vapeur qui retombent sur les bords de la crevasse. Les feuilles mouill  es des arbres produisent un grand nombre de petits filets d'eau, qui vont se jeter

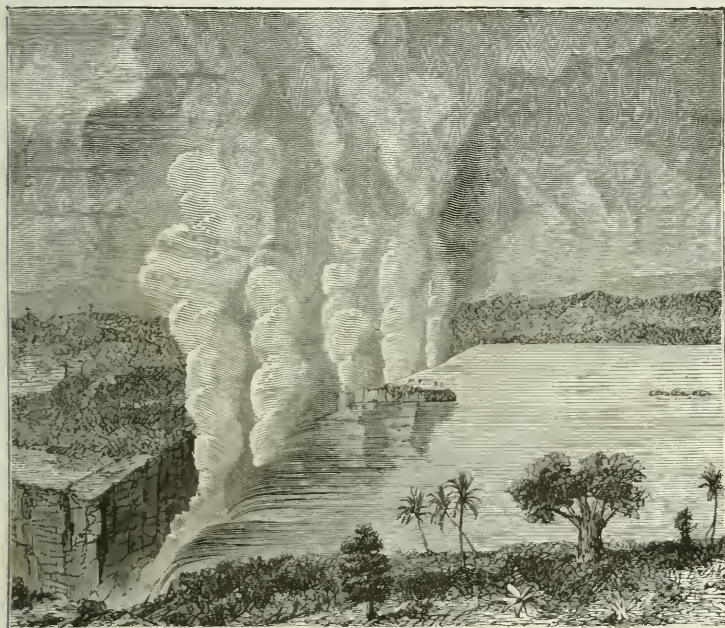


Fig. 144. Cataracte du Zambèse.

dans l'abîme; mais le jet de vapeur les fait remonter : elles sont ballott  es sans cesse sans pouvoir atteindre le fond. La masse écumante du fleuve se dirige ensuite vers la gauche, et on peut voir couler ses eaux au fond de la crevasse effrayante où elles se sont pr  cipit  es.

Parmi les cataractes les plus renomm  es de l'Europe, nous devons citer au premier rang celle que forme le Rhin, à une demi-heure de marche de la ville de Schaffhouse, en Suisse



(fig. 145). Nous emprunterons à l'*Itinéraire de la Suisse*, de M. Ad. Joanne, la description de cette curiosité naturelle :

« Immédiatement au-dessous du pont de Schaffhouse, dit M. Ad. Joanne, le cours du Rhin est troublé par une multitude d'écueils qui se succèdent jusqu'à *Lauffen*, nom donné à la cataracte dans la Suisse allemande. Parvenues en cet endroit, les eaux se précipitent sur une hauteur qui varie de 16 à 20 mètres sur une largeur de 100 mètres, entre la colline de Bornenberg, du côté des gorges de Neuhausen, et celle du Köhlfirst, au nord-est du château de Lauffen ; puis, reprenant leur belle teinte azurée, elles continuent à couler paisiblement du côté du midi.

« Qu'on se représente, dit Mme Roland, tout le fleuve, dans la pléni-



Fig. 145. Chute du Rhin à Lauffen, près de Schaffhouse.

« tude de sa majesté, tombant à la fois de 70 ou 80 pieds, comme une mer d'écume jaillissante ; trois roches, couronnées de quelque verdure, interrompent le cours de cette vaste nappe d'eau, de ce torrent de neige ; le fleuve irrité bat les flancs avec furie, les sape, les amincit et multiplie ses chutes par les jours qu'il se fait au milieu d'elles ; il tombe avec un fracas qui répand l'horreur, et dont toute la vallée retentit ; l'onde brisée s'élève en vapeur où se joue le brillant iris. »

« Le Florentin Poggio, l'un des littérateurs italiens les plus distingués du dixième siècle, et qui accompagna le pape au concile de Constance en qualité de secrétaire, est le premier auteur qui fasse mention de la chute du Rhin : « Le fleuve, dit-il, se précipite entre des rochers avec une telle fureur et un tel fracas, qu'on dirait qu'il déplore lui-même sa chute. »

« La chute du Rhin mérite d'être visitée, sous tous ses aspects, sur les deux rives : au *château de Wærth*, où se trouve une auberge; au belvédère du château de Lauffen, au-dessous duquel une galerie de bois solide vient aboutir au milieu des eaux. Enfin, on peut aussi se faire conduire et monter sur le rocher principal, qui divise la chute en deux grandes parties, mais il faut avoir la tête sûre pour tenter cette ascension. C'est surtout la nuit, au clair de lune, que ce magnifique tableau produit l'effet le plus saisissant. La largeur du Rhin au-dessus de la cataracte est de 100 mètres. La cataracte tombe de 15 à 16 mètres sur la rive droite, et de 20 mètres environ sur la rive gauche. Cette différence provient de l'inégalité de la barre. En comptant les rapides qui la précèdent, la chute est de près de 33 mètres.

« Les heures les plus convenables de la journée sont (pendant l'été) de six à huit heures du matin, et de trois à quatre heures de l'après-midi, car les rayons du soleil forment alors sur la chute de magnifiques arcs-en-ciel. Le bruit de la cataracte s'entend la nuit, par un temps calme, à une distance de 6 kilomètres et même plus loin, surtout du côté de la rive zuricoise, quand le vent le porte. »

## IV

Cours moyen des fleuves et des rivières. — Inondations.

Les cataractes, rapides, etc., se produisent surtout, selon Ritter, aux confins du *cours supérieur* et du *cours moyen* des fleuves. Dans le cours moyen la pente s'adoucit notablement. Le Volga ne présente plus, dans son cours inférieur, qu'une déclivité de 1 mètre sur 7500 mètres; cette déclivité est encore moindre dans d'autres rivières. Les eaux coulent alors en cédant à leur propre pression. Elles corrodent leurs rivages du côté où elles éprouvent le moins de résistance, et changent de cours suivant la nature des rives opposées, en dessinant de capricieux méandres. Les sinuosités du cours moyen des fleuves suivent, en général, la direction des massifs hydrographiques. C'est dans cette partie de leur cours que les rivières aiment à former des îles, comme on en voit tant sur le Rhin. Dans le Saint-Laurent (Canada), à l'entrée du lac Ontario, les îles forment un véritable archipel : on les appelle les *Mille Îles*, mais en réalité leur nombre est de 1692.

Quelquefois le lit d'un fleuve coupe transversalement une chaîne de montagnes, qui s'ouvre devant lui comme par enchantement, en ménageant au voyageur les plus charmantes surprises, en déroulant subitement de magnifiques points de vue. Ces trouées, qui donnent lieu aux effets les plus pittoresques, se rencontrent en grand nombre dans le cours du fleuve Hudson (Amérique).

Une autre cause qui peut contribuer à ralentir l'écoulement des eaux, c'est la marée océanique, dont les flots refoulent les fleuves vers leur origine, ou du moins les arrêtent momentanément dans leur cours. Cette stagnation augmente la pression latérale que les eaux exercent sur leurs rives; aussi l'industrie humaine est-elle souvent forcée d'opposer des digues au débordement des fleuves et de les maintenir dans leur lit par des

moyens artificiels. Une conséquence naturelle de cette grande pression latérale, aussi bien que de la mobilité des terrains dans les plaines, c'est le déplacement fréquent du cours inférieur, que l'on observe sur le Pô, le Gange, le Nil, le Rhin, et d'autres fleuves importants. Les bifurcations et les embouchures, ou bouches multiples, de quelques fleuves, doivent également leur origine à la tendance d'épanchement des eaux, engorgées dans leur cours inférieur.

L'engorgement des fleuves se fait surtout sentir à l'époque des *crues*, auxquelles beaucoup de rivières sont soumises, et qui proviennent, soit de la fonte des neiges et des glaces, soit de pluies torrentielles. Dans quelques rivières, ces crues ne sont qu'accidentelles, et se produisent à la suite d'un orage ou d'une pluie abondante. L'Arve, en Savoie, est sujette à des crues subites. On voit cette rivière s'enfler à tel point, que, ne pouvant plus s'écouler assez promptement entre les collines qui la resserrent au-dessus de sa jonction avec le Rhône, les eaux du torrent refluent dans le lit du fleuve, le forcent à remonter avec elles, et font tourner à contre-sens les roues des moulins construits sur le Rhône. Ces crues accidentelles et imprévues peuvent causer des débordements et des inondations désastreuses.

Dans les rivières où elles ont moins d'importance, les crues se reconnaissent encore par la modification qu'elles produisent sur la couleur de l'eau. De là une observation intéressante que l'on peut faire sur la Seine. Les eaux de la Marne et de la Seine, qui se réunissent à la hauteur de Charenton, possèdent des nuances différentes, que l'on peut encore distinguer sous le Pont-Neuf, à la pointe de l'île de la Cité. S'il a plu en Bourgogne, et qu'il n'ait pas plu en Champagne, les eaux jaunâtres de la Seine laissent voir une ligne de démarcation sensible avec celles de la Marne.

Les hautes eaux de la Seine et de la Loire s'élèvent de 6 à 7 mètres vers le milieu de leur cours. Le Rhin s'élève beaucoup moins; ces différences tiennent à la nature des affluents qui alimentent ces rivières.

Les crues du Rhône, quelquefois si désastreuses, sont causées principalement par les eaux pluviales qui descendent des deux vallées de la Côte-d'Or et du Jura, qui forment le bassin



de la Saône. La fonte rapide des glaciers de la Suisse produit quelquefois, au printemps, de redoutables inondations dans le bassin du Rhône. La terrible inondation qui désola le Morayshire (Écosse), en 1829, était due à une longue humidité qui avait imbibé et saturé d'eau de grandes surfaces de terrains poreux et spongieux, de sorte que les eaux des orages n'étant plus absorbées, se déversèrent dans les ruisseaux et les grossirent d'une manière extraordinaire <sup>1</sup>.

La fonte annuelle des glaciers donne aussi lieu à des crues régulières dans les ruisseaux ou les rivières qu'ils alimentent.

Beaucoup de nos rivières, qui ne sont pas très-rapides, se congèlent pendant l'hiver, et se couvrent d'une nappe de glace, qui acquiert parfois une grande épaisseur. A l'époque de la débâcle, au printemps, la glace se rompt dans les points où elle offre la moindre résistance; les eaux charrient alors d'immenses glaçons qui peuvent, lorsqu'ils rencontrent un obstacle, s'accumuler et s'entasser, barrant le chemin aux flots, qu'ils forcent à se répandre dans les campagnes, en causant de terribles ravages. Telle est la cause des inondations que la Vistule produit de temps en temps, malgré les digues entre lesquelles on a enfermé son lit.

Les cours d'eau situés sous la zone torride sont soumis à des crues périodiques pendant la saison des pluies, et produisent alors des inondations extraordinaires. L'Égypte doit sa fertilité au débordement périodique du Nil, qui répand sur les campagnes une masse incroyable de fange et de limon gras. Des jaugeages exécutés à Syout ont donné 680 et 10 250 mètres cubes d'eau par seconde, pour débit minimum et maximum du Nil: différence énorme, qui montre bien toute l'importance des crues, puisqu'elles peuvent donner à ce fleuve un volume quinze fois plus grand qu'à l'époque des sécheresses. Le Nil monte alors de 10 à 12 mètres dans la Haute-Égypte, de 8 mètres au Caire, et de plus de 1 mètre dans le nord du Delta. L'inondation du Nil du mois d'octobre 1863 a pris des proportions désastreuses.

Le Sénégal et le Niger sont sujets à des crues semblables. En Asie, le Brahmapoutre et le Gange, qui descendent des hau-

1. J. Herschel, *Physical geography*, p. 170

teurs neigeuses de l'Himalaya, et en baignent le pied, l'un au nord, l'autre au sud, pour se jeter ensuite tous deux dans le golfe du Bengale, sont célèbres par les inondations qu'ils produisent à des époques déterminées. Ces débordements, qui réunissent les deux fleuves par d'innombrables canaux, mettent sous l'eau toute la contrée basse. Le Brahmapoutre inonde encore à lui seul tout le haut Assam, depuis la mi-juin jusqu'à la mi-septembre. Les débordements du Hoang-Ho et du Yang-tse-Kiang, en Chine, sont presque aussi considérables.

Les fleuves d'Amérique sont sujets à produire des inondations diluviennes qui rappellent les vers célèbres d'Ovide :

*Exspatiata ruunt per apertos flumina campos,  
Cumque satis arbusta simul, pecudesque virosque  
Tectaque, cumque suis rapiunt penetralia sacræ*

*Jamque mare et tellus nullum discrimen habebant.  
Omnia pontus erant, deerant quoque littora ponto<sup>1</sup>.*

Les pluies tropicales font grossir le Paraguay, le Parana, l'Orénoque, etc., et leurs eaux s'épandent dans les pampas qu'elles changent en d'immenses marais, où périt alors beaucoup de bétail. L'accroissement de ces fleuves est proportionnel à la quantité d'eau tombée, et l'on peut, pour cette raison, les considérer comme de véritables *ombromètres*. On peut admettre qu'il tombe plus de 2 mètres et demi d'eau par an au centre des forêts de l'Amérique méridionale.

1. « Les fleuves débordés se précipitent à travers les champs, entraînant à la fois les arbres et les moissons, les troupeaux et les hommes, les maisons et les temples avec leurs divinités. Déjà la terre et les eaux se confondent; tout est devenu mer, et une mer sans rivages. » (*Métamorphoses*, livre I, chapitre vi, vers 24.)

## V

Cours inférieur des fleuves et des rivières. — Atterrissements. — Deltas. Estuaires. — Marées des fleuves. — Mascarets et barres.

Les débris que les fleuves détachent des terrains qu'ils traversent sont entraînés dans les plaines, là où commence leur cours inférieur. On reconnaît ce dernier point à ce que la pente devient de moins en moins sensible. Le fleuve Sénégal n'a plus, à son embouchure, que 3 millimètres de pente par kilomètre. Il en résulte que le mouvement des eaux d'un fleuve se ralentit à mesure qu'il se rapproche de l'Océan ; ces eaux abandonnent alors le sable et les fanges qu'elles charrient, leur lit s'exhausse, et c'est ainsi que se produisent les *atterrissements*, les *deltas*, les *barres de sable*, etc.

Les dépôts qui se forment à l'embouchure des fleuves donnent quelquefois naissance à de vastes contrées, qui augmentent l'étendue des continents. Le sol de la Hollande a été formé, en partie, par les dépôts du Rhin, de l'Escaut et de la Meuse. Ces mêmes fleuves laissent encore déposer tous les jours, pendant les calmes qui accompagnent la marée montante, des sédiments terreux considérables, qui exhausent peu à peu leurs rivages. En les protégeant par des digues contre les marées, les habitants assurent la conservation des terres nouvelles qui se forment ainsi. Ces terres sont d'une grande fertilité : on leur donne, en Hollande, le nom de *polders*.

Les atterrissements riverains finissent par séparer, par diviser les eaux au sein desquelles ils ont pris naissance, et la terre prend, entre les deux courants, une forme triangulaire : de là le nom de *delta* ( $\Delta$ ), qu'on donne aux terrains ainsi divisés. Le plus célèbre est le *delta du Nil*, qui s'accroît encore tous les jours. Toute la vallée du Nil (fig 146) s'exhausse de 9 centimètres par siècle, ainsi que l'on a pu le constater par l'enfoncement progressif des monuments. Des forages exécutés

par M. Horner, sous la statue de Rhamsès à Memphis, ont montré que le sédiment du Nil a 9 mètres d'épaisseur sous les fondations du monument, qui elles-mêmes sont à 3 mètres au-dessous de la surface actuelle du sol. Il semble résulter de là que le Nil aurait commencé d'inonder l'Égypte 10 000 ans avant l'ère de Rhamsès, c'est-à-dire il y a 13 500 ans. On a découvert à une profondeur de près de 12 mètres un tesson de poterie. Faudra-t-il conclure de cette trouvaille que l'existence de l'homme remonte à plus de 140 siècles?

Le Pô forme, à son embouchure, un *delta* analogue à celui du Nil, mais beaucoup plus variable que ce dernier. Aux deux



Fig. 146. Le Nil.

côtés de cette embouchure s'étendent les lagunes de Venise et de Comacchio.

Le *delta du Rhône*, en France, est bien connu. C'est là qu'existent ces plaines entrecoupées de marais, ici fertiles par suite de l'abondant dépôt limoneux du fleuve, là submergées par les eaux stagnantes, et bonnes seulement, comme aux environs d'Aigues-Mortes, à produire des roseaux de marais.

En Asie, l'Euphrate et le Tigre ont formé une grande terre d'alluvion. Le Hoang-Ho, ou fleuve Jaune, charrie dans la mer Jaune une quantité de limon qui suffirait à combler cette mer dans un intervalle de 24 000 ans.



Le Gange et le Brahmapoutre réunissent leurs deltas de manière à produire la forme d'un W, dont les pointes regardent la terre. La surface de ce double delta est coupée d'un véritable labyrinthe de canaux et de criques d'eau salée. Malgré leur terrible insalubrité, ces régions sont habitées par l'homme ; mais une grande partie de leur étendue, connue sous le nom de *Sunderbunds*, n'est qu'un désert abandonné aux alligators et aux tigres. C'est un véritable foyer de pestilence. De ces marais funestes partit, il y a un demi-siècle, le choléra-morbus, qui s'étendit rapidement sur l'Asie, et de là dans tout notre hémisphère. Il ne faut pas oublier, en effet, que les *deltas* produisant un mélange d'eaux douces et d'eaux salées, le tout en présence d'une grande quantité de matières organiques (représentées par les détritux végétaux que les fleuves amassent à leur embouchure), réunissent toutes les conditions capables de vicier l'air et de le rendre insalubre. La réaction entre les matières organiques et les sulfates dissous dans l'eau de la mer ramène ces sels à l'état de sulfures ; ces sulfures sont décomposés par l'acide carbonique de l'air, et l'hydrogène sulfuré provenant de cette décomposition se répand dans l'atmosphère et lui communique des propriétés méphitiques. Des fièvres intermittentes, plus ou moins graves, sévissent toujours sur les côtes qui présentent réunies les conditions que nous venons d'énumérer ; et quand ces conditions sont poussées très-loin, comme dans le delta du Gange, elles peuvent donner naissance aux épidémies les plus redoutables. La génération du choléra-morbus dans cette contrée pestilentielle a fourni la triste démonstration de cette vérité.

L'Orénoque a aussi un delta, et l'on en trouve plusieurs autres dans l'Amérique du Nord. Le plus curieux est celui du Mississippi. L'ouverture de ce delta est de 320 kilomètres. Il est souvent inondé par les hautes eaux, de sorte que l'entrée du Mississippi n'est qu'une suite de marécages où la fièvre jaune a élu domicile. Pendant les crues du printemps, ce fleuve gigantesque se change en une mer boueuse, qui dépose du limon sur ses rives et sur tous les pays adjacents. On a calculé que les alluvions du Mississippi s'avancent de 100 mètres par an.

Tous ces atterrissements qui se forment sous nos yeux nous

donnent une idée de la manière dont se sont produits, dans les temps géologiques, les terrains d'eau douce au moyen des sédiments des fleuves.

Les limons charriés par les fleuves renferment peut-être un élément de richesse considérable, qui aujourd'hui va se perdre à la mer. On pourrait les employer à la fertilisation des pays au moyen d'irrigations artificielles, selon l'exemple que la nature nous offre par le Nil. M. Hervé-Mangon a fait, à cet égard, des observations importantes sur les limons de nos rivières, et un autre ingénieur, M. Duponchel, a proposé, en 1864, de fertiliser les Landes au moyen de torrents artificiels, dont on provoquerait la formation au pied des Pyrénées.

On pourrait appeler les *estuaires* des deltas négatifs. Les estuaires sont des lacs d'eau douce et d'eau salée que forment les embouchures de quelques fleuves quand ils s'élargissent tout à coup avant d'atteindre la mer. Le *Rio de la Plata* est un véritable golfe, large de 220 kilomètres, dans lequel débouchent l'Uruguay et le Parana. On connaît encore l'*estuaire* que forme la Gironde, à partir de Blaye; ceux du Dniéper, de l'Obi, du Yéniséi, du Saint-Laurent, de la rivière Columbia, etc. Ils permettent aux grands navires de pénétrer au cœur des continents. Les Chinois appellent ces vastes élargissements des fleuves les *filz de l'Océan*. L'embouchure du fleuve des Amazones peut aussi être regardée comme un estuaire. Dans la saison des pluies, le fleuve s'élançe dans l'Atlantique avec une telle force que, sur une distance de 180 lieues, dit-on<sup>1</sup>, ses eaux ne se mêlent pas avec celles de l'Océan<sup>2</sup>. On les reconnaît à leur teinte verdâtre et au courant rapide qui continue de les

1. Huot, *Manuel de Géographie physique*, in-12, p. 121.

2. Le fleuve des Amazones, appelé autrefois *Orellana*, du nom du Portugais Orellan, qui l'explora le premier, se divise, à son embouchure, en deux branches : celle du côté gauche, le *Rio Marañon*, ou l'Amazone proprement dite, a environ 90 kilomètres de large; celle du côté droit, le *Rio Para*, a environ 40 kilomètres. Ces deux branches sont séparées par l'île Marajo, qui est presque aussi grande que la Sicile. La largeur totale de l'embouchure de ce fleuve immense, si l'on y comprend l'île Marajo, dépasse 250 kilomètres.

On raconte que Pinzon, le lieutenant de Colomb, lorsqu'il découvrit ce fleuve, en 1498, s'écria : *Mare an non?* « Est-ce une mer ou non ? » De ces mots seraient venus les noms espagnols et portugais Marañon et Maranhao, pour désigner l'une des branches de ce géant des fleuves.

entraîner. Un phénomène semblable s'observe aux bouches du Danube, et à l'embouchure de la rivière Syre, en Norvège.

Malgré l'énorme impulsion donnée à ces grandes masses d'eau, elles ne peuvent pas toujours s'écouler librement dans l'Océan : la marée montante les refoule, et il se livre alors une lutte gigantesque entre les flots d'eau douce qui descendent du continent et les ondes salées que soulève le flux de la mer. A l'entrée du fleuve des Amazones la marée pénètre jusqu'à plus de 200 lieues à l'intérieur; elle met plusieurs jours à parcourir cette énorme distance. Aux époques des plus fortes marées, c'est-à-dire à la nouvelle et à la pleine lune, la mer atteint en deux minutes la hauteur qu'elle n'atteint ordinairement qu'en six heures. On voit alors une vague de 4 à 5 mètres s'avancer avec une incroyable vitesse; elle est bientôt suivie d'une seconde, puis d'une troisième et d'une quatrième *montagne humide*, pour parler comme Racine, qui se répandent sur toute la surface du fleuve. Le choc de ces masses d'eau douce et d'eau salée fait trembler les îles d'alentour; les navires s'éloignent avec effroi du lieu de ce conflit terrible, dont le bruit se fait entendre jusqu'à deux lieues de distance.

« Les eaux de l'Orellana et celles de l'Océan, dit Malte-Brun, se précipitent au combat comme deux armées; les rivages sont inondés de leurs flots écumeux; les rochers, entraînés comme des galets légers, se heurtent sur le dos de l'onde qui les porte; de longs mugissements roulent d'île en île; on dirait que le génie du fleuve et le dieu de l'Océan se disputent l'un à l'autre l'empire des flots. »

Cette description est trop poétique; mais le phénomène du *prororoca* de l'Amazone n'en est pas moins un des plus importants de la nature.

Dans l'Orénoque, les marées se font sentir, en avril, jusqu'à plus de 75 lieues de l'entrée du fleuve; leur hauteur est d'un mètre à l'embouchure, elle décroît lentement vers l'intérieur. On observe des phénomènes analogues sur le Saint-Laurent, sur la rivière Columbia, etc.

En Asie, dans l'Indus et dans l'Ougly, l'un des bras du Gange, les flots remontent à plus de 25 lieues, avec une vitesse de 30 kilomètres à l'heure<sup>1</sup>.

1. On lit dans Quinte-Curce qu'Alexandre, désireux de voir l'Océan Indien, des-

Dans les rivières de l'Europe, ce reflux de l'Océan à l'embouchure des fleuves est moins violent. On l'appelle *mascaret* dans la Seine et dans la Dordogne. Dans cette dernière rivière, le phénomène consiste seulement en trois ou quatre lames très-élevées et très-rapides, qui se suivent, occupant toute la largeur de la rivière. Ces lames remontent le cours du fleuve avec une vitesse de 4 à 5 mètres par seconde, en bouillonnant à leurs sommets et renversant tout ce qu'elles rencontrent.

La Seine présente, à l'équinoxe de septembre, le phénomène



Fig. 147. Effet du mascaret de la Seine.

du *mascaret*; et il existe aussi dans deux petites rivières de France, la Vire et l'Aure. La figure 147 représente le phénomène du mascaret de la Seine, à la Bouille.

Les eaux de la Tamise sont aussi arrêtées dans leur cours par la marée montante; on voit alors pénétrer dans Londres

pendit l'Indus et arriva à l'embouchure de cette rivière à un moment où les eaux n'offraient aucune agitation. Mais soudain arriva le mascaret. Toute la flottille du conquérant de l'Asie est bouleversée et culbutée; les soldats ne reviennent pas de leur stupéfaction de voir des naufrages en pleine terre, une mer dans le bassin d'un fleuve.



un courant d'eau salée, au-dessous duquel on peut puiser de l'eau douce<sup>1</sup>.

Les fleuves de la Chine s'élèvent quelquefois de 10 à 15 mètres par l'effet des marées qui les font rouler en arrière, surtout lorsque le vent souffle de la mer. Dans le fleuve Zaïre, en Afrique, les eaux du milieu continuent de rouler dans la mer, pendant qu'il s'établit sur ses deux rives deux courants contraires qui remontent en ondulant vers sa source. On remarque, en général, que l'action de la *barre* est plus énergique au bord qu'au milieu des rivières.

Les trois grands fleuves qui se jettent dans des mers intérieures, le Nil, le Danube et le Volga, n'offrent point le phénomène de la *barre*, parce que la Méditerranée, la mer Noire et la mer Caspienne n'ont pas de marées sensibles. On pourrait les appeler des fleuves essentiellement continentaux.

Qu'il nous soit permis d'insister un peu plus sur ce curieux phénomène du reflux des marées à l'embouchure des fleuves, que l'on désigne en Europe sous le nom de *barre* ou de *mascaret*, en Amérique, à l'embouchure de l'Amazone, sous le nom de *proroca*, et en Asie, à l'embouchure du Gange, sous le nom anglais de *bore*. Nous nous occuperons particulièrement du mascaret de la Seine.

L'arrivée de la marée de l'Océan dans la basse Seine fait naître un conflit des eaux qui offre un spectacle grandiose, mais malheureusement désastreux pour les propriétés riveraines et pour les navires qui ne sont pas à flot au moment où le redoutable flux pénètre dans le fleuve. On peut voir encore, entre Quillebœuf et Villequier, les mâts de plusieurs vaisseaux engloutis par la furie de cette barre d'eau. Pour prévenir les accidents qu'amène le mascaret, le gouvernement a fait exécuter, en aval de Quillebœuf, des travaux considérables qui arrêtent l'action de la marée océanique; mais à partir de ce point jusqu'à Caudebec elle exerce encore ses ravages, quoique à un moindre degré qu'autrefois. C'est à Caudebec, et surtout à Villequier, qu'il faut aller observer cet imposant phénomène.

Tandis que les marées de l'Océan montent par degrés in-

<sup>1</sup> Karl Ritter, *Allgemeine Erdkunde*, 1862, p. 180.

sensibles, et ne s'élèvent que lentement, on voit dans les parties du littoral que nous avons citées. le premier flot arriver dans le lit de la Seine sous forme d'une vague roulante, dont la hauteur dépasse quelquefois celle des digues construites pour contenir la fureur des eaux, et qui remplit instantanément le vaste bassin de la Seine, bassin qui s'élargit à la hauteur de Quillebœuf, pour devenir un véritable bras de mer. Des bruits assourdissants annoncent ces grandes crises. Elles sont favorisées par un vent de mer modéré; au contraire, un vent violent étale les eaux, et diminue la hauteur de la vague.

Le mascaret de la Seine n'a été décrit et commenté que lorsqu'on connaissait déjà depuis longtemps le *prororoca* de l'Amazone, dont la Condamine avait donné une relation saisissante. Bernardin de Saint-Pierre a le premier mentionné le phénomène imposant dont l'embouchure de notre Seine est le théâtre deux fois par an. Selon le style mythologique qui fleurissait alors, Bernardin de Saint-Pierre compare la Seine à une nymphe poursuivie par Neptune!

C'est au temps des équinoxes de printemps et d'automne, le surlendemain de la nouvelle lune ou de la pleine lune, que les effets du mascaret se font sentir avec le plus d'énergie; il est encore redoutable un jour ou deux avant et après cette époque.

Mais quelle est la véritable cause de l'élévation extraordinaire des flots qui se précipitent ainsi dans le bassin d'un fleuve et repoussent le courant vers sa source? Il faut le chercher dans cette loi, découverte par Lagrange et vérifiée expérimentalement plus tard par un ingénieur anglais, M. Scott Russell, que la vitesse de la propagation des ondes diminue avec la profondeur de l'eau. La conséquence de cette loi mécanique, c'est que les premières vagues du flux étant retardées dans leur marche dès qu'elles entrent dans une eau peu profonde, doivent s'entasser et être devancées par les suivantes, qui marchent dans une plus grande profondeur; que celles-ci seront elles-mêmes poussées par celles qui les suivent, et ainsi de suite; il se forme ainsi une sorte de montagne qui roule sur elle-même et se déverse en cataracte sur les hauts fonds.

M. Partiot, ingénieur des ponts et chaussées, chargé du service de la navigation à l'embouchure de la Seine, adressa, en

1857, à l'Académie des sciences, une étude approfondie de ce phénomène, qu'il avait observé pendant une longue série d'années<sup>1</sup>. M. Partiot avait étudié deux mascarets : l'un dans la baie de Seine, à Saint-Jacques; l'autre dans la partie endiguée de la rivière, auprès du village du Vieux-Port. Sur ces deux points, il avait fait placer des échelles métriques près de la rive. On put ainsi mesurer la hauteur du rouleau d'eau que formait le mascaret. On la trouva de 218 centimètres à Saint-Jacques et de 168 centimètres au Vieux-Port. M. Partiot a donné une série de figures qui représentent les différents aspects de la barre de flot en amont de Quillebœuf. Dans les points où le chenal de la Seine est profond, le phénomène ne se fait sentir que sur les bords, le long des digues. Au milieu du chenal, il n'est généralement pas sensible, à moins que la marée n'ait été retardée vers l'aval et que son arrivée soudaine n'élève tout à coup le niveau de la rivière en produisant d'immenses ondulations. Cette observation s'accorde avec celles des marins qui naviguent sur l'Amazone et sur les différents bras du Gange. En effet, dans ces fleuves, les vaisseaux à flot, dans l'eau profonde, et pour ainsi dire au *large du fleuve*, ne souffrent point du *prororoca* ou du *bore*, qui fait couler bas les bâtiments échoués ou stationnés dans une eau peu abondante.

Le savant ingénieur conclut de ses observations que, pour faire disparaître le mascaret à l'embouchure des fleuves, il faudrait y faciliter, autant que possible, l'entrée du flot de haute mer, et enlever, jusqu'à un point assez profond de l'Océan, les obstacles qui s'opposent à la propagation de la marée montante. Ces obstacles sont, en général, les boues, la vase et les hauts-fonds, de telle sorte que les travaux accomplis pour améliorer l'embouchure des fleuves et leur assurer une grande profondeur jusqu'à la mer, auraient aussi pour effet de diminuer le mascaret sur leurs rives et de faire cesser le danger que ce phénomène présente pour la navigation.

Cependant il serait impossible de donner à une rivière la même hauteur d'eau depuis son embouchure jusqu'à sa source. En effet, il ne faut pas s'imaginer qu'en creusant le lit d'une

1. Voir notre *Année scientifique et industrielle*, 3<sup>e</sup> année, p. 121.

rivière à son embouchure, on *supprime* le mascaret : on ne fait que le déplacer, le reporter plus haut, et en détourner la violence. Les grandes constructions qui ont resserré le lit de la Seine, en amont et en aval de Quillebœuf, empêchent l'arrêt des vagues en cet endroit, mais le mascaret s'est reporté vers Villequier, Caudebec, Aizier, Tancarville, etc. Les digues construites à Villequier, par M. Emery, ont tenu bon jusqu'ici contre l'invasion des flots, et on espère qu'elles suffiront pour protéger aussi cette localité des ravages du mascaret, qui avait fini par emporter la moitié de la ville.

Certaines rivières n'ont pas d'embouchure. Elles vont se perdre dans de vastes marais, qui, par leur évaporation abondante, peuvent recevoir sans déborder de nouvelles eaux. Tel est le Zenderoud, en Perse, qui termine son cours dans un marécage. On rencontre beaucoup de ces marais absorbants en Afrique et au centre de l'Asie.

On connaît aussi des rivières qui se perdent dans des cavités souterraines, mais le plus souvent pour reparaitre au delà de ce point. Le Rhône s'engouffre au-dessous du fort de l'Écluse, à l'ouest de Genève, et reparait à quelque distance de là. La rivière de la Lys, en Belgique, se précipite dans la grotte de Han, d'où elle sort à 500 mètres plus loin.

La Meuse disparaît près de Bazoilles, et renaît à Noncourt, après un cours souterrain d'un myriamètre. Des phénomènes analogues ont lieu pour la Tille, le Suzon, l'Eure, l'Aros, etc. La Venelle, dans la Côte-Or, et la Guadiana, en Espagne, s'absorbent dans des prés marécageux, d'où elles sortent plus abondantes. Voilà pourquoi les Espagnols parlent de leur grand pont « où peuvent paître cent mille bêtes à cornes »

La Dromme, qui se réunit à l'Aure dans le Calvados, se jette, à quelque distance de la mer, dans un trou de 12 mètres de diamètre, qui est connu sous le nom de la *Fosse de Soucy*. Avant d'y arriver, elle perd une partie de ses eaux dans d'autres cavités qui existent dans son lit. On trouve, sur le bord de la mer, des sources que l'on attribue au cours souterrain de cette petite rivière.

Si les cavernes dans lesquelles les eaux disparaissent ont peu d'étendue et sont ouvertes des deux côtés, elles forment des *ponts naturels*. Ces sortes d'arcades se rencontrent d'ailleurs



aussi en des endroits où il n'existe aucun cours d'eau. L'un des plus beaux *ponts naturels* est celui de la vallée d'Icononzo ou de Pandi, au Mexique (fig. 148). Il réunit les bords d'une crevasse profonde de 100 mètres, au bas de laquelle coule un petit torrent, le *Rio de la Summa-Paz*, encaissé dans un lit presque inaccessible. Le pont principal a 15 mètres de longueur



Fig. 148. Pont naturel de la vallée d'Icononzo, au Mexique.

sur 12 de large, et une épaisseur de 2 mètres. A 20 mètres au-dessous de ce premier pont, il en existe un second formé de trois blocs qui se soutiennent naturellement ; à son milieu, il est percé d'un trou qui permet de voir le fond de l'abîme.

Le *pont d'Arc*, sous lequel coule l'Ardèche, est une arche naturelle, haute de 30 mètres et large de 60. Le pont de Véja, près de Vérone, a 38 mètres d'élévation. Le magnifique *Rock*

*Bridge* (pont de rocher), en Virginie, réunit deux montagnes séparées par un ravin de 70 mètres de profondeur, dans lequel coule le Cedar Creek. Ce pont a 30 mètres de longueur et une épaisseur de 13 : c'est une des merveilles du pays.

Dans le Liban, un torrent qui se jette dans la rivière de Beyrouth, passe sous un arc naturel élevé de 66 mètres, et porte le nom de pont d'*Aïn-el-Liban* (fig. 149).

Nous connaissons maintenant tous les phénomènes principaux auxquels donnent lieu les rivières et les fleuves. Il nous reste à mettre sous les yeux du lecteur le tableau comparatif

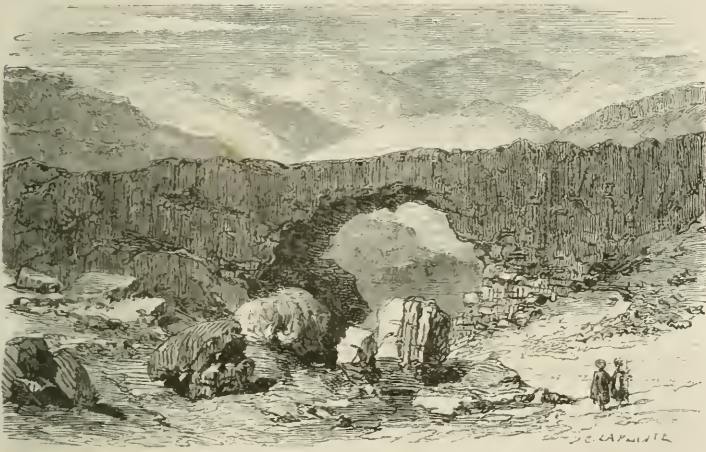


Fig. 149. Pont naturel d'Aïn-el-Liban.

de la longueur développée des principaux fleuves du globe. Ces éléments sont réunis dans la carte placée en regard de cette page. Nous groupons dans le tableau suivant la longueur de ces fleuves. Les chiffres qui figurent dans ce tableau sont calculés d'après ceux que sir John Herschel a adoptés dans sa *Géographie physique*.

#### EUROPE.

Nom du cours d'eau.	Embouchure.	Longueur en kilomètres.
Seine.....	La Manche.....	630
Loire.....	Golfe de Biscaye.....	960
Rhône.....	Méditerranée.....	1030
Pô.....	Golfe Adriatique.....	650
Douro.....	Atlantique.....	810

## EUROPE (SUITE).

Nom du cours d'eau.	Embouchure.	Longueur en kilomètres.
Èbre.....	Méditerranée.....	780
Rhin.....	Mer d'Allemagne.....	1100
Elbe.....	Idem.....	1270
Oder.....	Baltique.....	890
Vistule.....	Idem.....	960
Don.....	Mer Noire.....	1780
Dniéper.....	Idem.....	2000
Danube.....	Idem.....	2750
Volga.....	Mer Caspienne.....	3340

## ASIE.

Obi.....	Mer Glaciale.....	4300
Yeniséi.....	Idem.....	5180
Léna.....	Idem.....	4440
Amou (Gihon).....	Iac d'Aral.....	2600
Amour.....	Mer du Japon.....	4380
Hoang-Ho (fleuve Jaune).....	Mer Jaune.....	4220
Yan-tse-Kiang.....	Idem.....	5330
Cambodje (Mé-Kiang).....	Mer de Chine.....	3890
Iraouaddi.....	Golfe du Bengale.....	4070
Brahmapoutre.....	Idem.....	3200
Gange.....	Idem.....	3110
Indus.....	Golfe d'Oman.....	2630
Euphrate.....	Golfe Persique.....	2760

## AFRIQUE.

Nil.....	Méditerranée.....	4200
Gambie.....	Atlantique.....	1130
Sénégal.....	Idem.....	1150
Niger.....	Golfe de Guinée.....	3300

## AMÉRIQUE.

Mackensie.....	Mer Glaciale.....	3930
Colombia.....	Pacifique.....	2500
Colorado.....	Golfe de Californie.....	1470
Rio-Grande.....	Golfe du Mexique.....	3440
Missouri-Mississipi.....	Idem.....	6590
Saint-Laurent.....	Atlantique.....	3300
Orénoque.....	Mer des Antilles.....	2500
Amazone.....	Atlantique.....	5660
Uruguay (Tocantins).....	Idem.....	2070
Saint-François.....	Idem.....	2500
Parana-la Plata.....	Idem.....	3650
Paraguay.....	La Plata.....	1920

## AUSTRALIE.

Murray.....	Pacifique.....	1500
-------------	----------------	------







Nous jetterons maintenant un coup d'œil rapide sur les plus grands cours d'eau du globe, en commençant par ceux de l'Europe.

Les plus considérables des fleuves de l'Europe sont le Danube et le Dnieper, qui se jettent dans la mer Noire, et le Don, qui se rend à la mer d'Azow.

Le Danube dont la source est dans la Forêt-Noire, se réunit bientôt à l'Inn, qui ne lui est point inférieur en développement, et qui aurait tout autant de droit que le Danube à donner son nom au cours d'eau principal. Ce fleuve emporte vers l'Orient les eaux du bassin des Alpes et celles qui descendent du versant méridional des Karpathes. Il est navigable à partir d'une distance de 1800 kilomètres du Pont-Euxin. Avant d'entrer dans les plaines de la Valachie, il traverse les *Portes de Fer*, étroit défilé du Balkan.

Les monts Karpathes renferment les sources de la Vistule, qui arrose la plaine Sarmatique, et se rend à la mer Baltique, en traversant un terrain très-marécageux. La rivière Bug, un de ses principaux affluents, vient du marais de Pripet, où prend également source le Pripet, tributaire du Dnieper; on peut dire que les bassins de la Vistule et du Dnieper se touchent et se confondent dans cet immense marais, sans qu'une élévation marquée du sol accuse la ligne de partage de leurs eaux. Aussi peut-on, par les canaux du Dnieper, passer en bateau de la mer Noire à la Baltique.

L'Oder et l'Elbe se dirigent vers le nord comme la Vistule, mais leurs bassins sont plus accidentés.

Le Rhin porte dans la mer du Nord les eaux de la chaîne Alpique; le Rhône les porte dans le golfe du Lion; le Pô les déverse dans la mer Adriatique. La Seine, la Loire et la Garonne, qui se rendent à l'océan Atlantique, sont des rivières de troisième ou quatrième ordre, comme les rivières d'Espagne: l'Èbre, le Douro, le Tage, la Guadiana, etc.

Le vaste bassin fermé, ou bassin intérieur de la mer Caspienne, reçoit les eaux du Volga et de l'Oural.

Le Volga est un fleuve admirablement propre à la navigation. Des canaux le mettent en communication avec le lac Ladoga et avec la mer Baltique. Le développement des méandres de ce large cours d'eau lui donne une longueur double de

celle qu'il aurait, s'il suivait une ligne droite depuis sa source jusqu'à ses soixante-dix bouches. Le lac Aral, autre bassin fermé, reçoit deux rivières jumelles, l'Amou ou Gihon (l'ancien Oxus), et le Sir ou Sihon (l'ancien Iaxartes), qui descendent du plateau de Pamir et de la chaîne du Bolor-Tag.

L'immense plaine de la Sibérie est arrosée par trois grands fleuves qui vont se jeter dans la mer Glaciale : l'Obi, le Yeniséi et la Léna.

Les deux premiers traînent leurs eaux lentes et glacées à travers un plateau monotone, qui ne s'élève guère de plus de 100 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le Yeniséi n'a des allures un peu plus vives que dans son cours supérieur en sortant du lac Baïkal, l'un des bassins de l'aspect le plus romantique que l'on puisse imaginer, et qui est alimenté par la rivière Selenga.

La Léna quitte les montagnes de l'est de la Sibérie, à la hauteur de la ville Yakoutsk, qui est citée comme le plus froid des lieux habités du globe. En sortant de Yakoutsk, et jusqu'à la mer, la Léna creuse son lit au milieu d'un terrain gelé et de banquises de glace. C'est dans un de ces bancs que fut découvert le cadavre du Mammouth conservé par le froid, dont nous avons parlé dans *la Terre avant le déluge*<sup>1</sup>.

Le gigantesque fleuve Amour, qui se dirige vers l'est, sépare la Sibérie de la Chine. Il se jette dans l'océan Pacifique, entre la mer d'Okhotsk et la mer du Japon. Ses rives sont couvertes de gras pâturages. Ce fleuve offre un intérêt particulier à cause des progrès rapides que la domination russe accomplit dans la direction de la Chine, en s'avançant toujours dans le bassin du fleuve Amour.

La Chine est traversée par le Hoang-Ho, ou fleuve *Jaune*, tributaire de la mer Jaune, et par le Kiang (ou Yan-tse-Kiang), qui se rend à la mer de Corée. Ces deux fleuves sont pour ainsi dire jumeaux, comme l'Euphrate et le Tigre; ils limitent la région que les Chinois appellent la *Fleur du milieu*, sorte de Mésopotamie qui sépare le nord et le midi de la Chine, puis ils confondent leurs embouchures dans un delta commun. Le *Mé-*

1. 4<sup>e</sup> édition, p. 344.

*Kiang* ou Cambodge va se jeter dans la mer de Chine, après avoir traversé le royaume de Siam et la Cochinchine. Il passe à côté du Saïgon, et forme un delta avec la rivière qui porte le nom de cette grande ville.

La même partie du monde envoie à l'océan Indien le Martaban ou Salouen et l'Iraouaddi, dont le volume est décuplé pendant la saison des pluies. Ava, la capitale de l'empire Birman, est située sur l'Iraouaddi.

Les trois grands fleuves de l'Inde sont le Gange, le Brahmapoutre et l'Indus, issus tous trois de la chaîne de l'Himalaya.

L'Indus, ou Sind, est formé par la réunion de cinq rivières qui traversent les vallées si pittoresques du Pendjab (Pentapotamie), où pénétra Alexandre le Grand. Il se bifurque au sud de Hayderabad, et donne naissance à un delta avant de se jeter dans le golfe d'Oman.

Le Gange résulte de la réunion d'une vingtaine de rivières, dont douze sont plus considérables que le Rhin. Ce fleuve coule au pied du versant méridional de l'Himalaya, dans une plaine ou vallée basse qui, à Delhi, n'a déjà plus que 300 mètres d'élévation. Ses eaux serpentent doucement, en suivant toujours le relief du terrain et évitant les obstacles, tandis que l'Indus, après avoir parcouru un plateau de 3000 mètres d'élévation, se fraye un chemin à travers les gorges de l'Himalaya. Aussi, en sanscrit, le nom du Gange est-il féminin, *la Ganga*, sans doute pour rappeler les allures particulières à son cours.

On ne saurait comparer nos fleuves d'Europe à ce puissant cours d'eau, lorsque, grossi des tributs de la Djumna, du Soane, etc., il roule ses flots entre des rives espacées de 6 à 8 kilomètres. Cette énorme masse liquide ronge et dégrade sans cesse ses bords formés d'alluvions, ce qui amène de fréquents changements dans son cours. De longues files de bancs de sable mobiles indiquent les déplacements annuels du chenal principal, et souvent quelques années suffisent pour faire disparaître de vastes étendues du terrain riverain. Les eaux du Gange ne sont point limpides comme celles de son affluent, la Djumna, mais elles servent à rafraîchir d'innombrables troupeaux de bœufs, de chevaux, de chèvres, d'éléphants et d'oiseaux. Dans ces fleuves, en grande vénération, les Hindous viennent se plonger pour se purifier, selon leur rite religieux.



C'est surtout aux heures du lever et du coucher du soleil que le Gange s'anime de bruits, de mouvements et d'apparitions.

Le Gange et le Brahmapoutre forment, par leur réunion, un système de fleuves jumeaux, d'abord parallèles, mais séparés par l'Himalaya, ensuite réunis par un delta commun et par un grand nombre de canaux. De juin à octobre ils inondent le haut Assam et le Bengale.

L'Asie est riche en systèmes jumeaux de ce genre. L'Euphrate et le Tigre vont nous en offrir un autre exemple, et c'est là d'ailleurs celui que les géographes prennent toujours pour terme de comparaison.

Les anciens donnaient le nom de *Mésopotamie* (*terre entre deux fleuves*) à la région enfermée entre ces deux bassins : riche et fertile pays où ont siégé de grands empires. Les eaux de l'Euphrate et du Tigre viennent toutes des chaînes du Taurus ; le désert de Syrie ne leur fournit aucun tributaire. Leurs cours restent sensiblement parallèles et dirigés du nord-ouest au sud-est, jusqu'à ce qu'ils se réunissent pour former le Chat-el-Arab, qui se jette dans le golfe Persique, en traversant un delta dont l'existence ne date probablement que de trois mille ans. On suppose même qu'à une époque reculée les eaux du golfe pénétraient fort avant dans l'Arabie, ne laissant qu'un isthme étroit entre ce pays et l'Asie Mineure. A la hauteur de Bagdad, les deux fleuves s'approchent déjà l'un de l'autre jusqu'à une distance de 23 kilomètres. Autrefois, quand Ninive et Babylone étaient encore debout, de nombreux canaux permettaient de passer d'un fleuve à l'autre, à travers la Mésopotamie. Le Tigre a un cours souterrain près Dongly ; l'Euphrate offre une cataracte, celle de Nuchar. Nous avons déjà parlé de leurs crues annuelles et de leurs inondations.

Le Nil est le plus grand cours d'eau de l'Afrique. C'est pour nous le fleuve le plus important du monde, parce que ses rives furent le berceau de la civilisation ancienne. La découverte de ses sources occupa bien des voyageurs. Ce problème séculaire est extrêmement complexe, car il s'agit non-seulement de remonter aux sources d'un grand nombre de tributaires du Nil, mais encore de décider lequel de ces affluents doit être considéré comme le principal, c'est-à-dire comme le vrai

Nil. Il est permis de dire qu'il n'y a pas une *source* du Nil proprement dite, mais bien une vaste région nourricière de ce fleuve mystérieux.

Khartoum est le confluent du Bahr-el-Abiad, ou *fleuve Blanc*, et du Bahr-el-Azrek, ou *fleuve Bleu*, dont la réunion forme le Nil proprement dit. La couleur caractéristique de leurs eaux se distingue encore quelque temps après leur réunion. C'est Méhémet-Ali qui y jeta les bases d'une ville.

Le *fleuve Bleu*, aussi bien que l'Atbarah, ou Takazé, qui se jette dans le Nil au nord de Khartoum, ont leurs sources dans la haute Éthiopie. Le fleuve Bleu naît au sud du lac Tzana, qu'il traverse en décrivant une spirale qui le ramène vers le nord. En Éthiopie, il porte le nom d'Abai. Mais le plus considérable des deux bras du Nil est le *fleuve Bleu*, dont l'origine est plus difficile à fixer. Depuis Khartoum jusqu'au neuvième degré de latitude nord, aucun tributaire important ne vient dérouter l'explorateur; mais à cette hauteur le fleuve se scinde en plusieurs branches, dont le nombre est encore incertain. À l'est, c'est le *Sabat*, qui apporte au Nil les pluies des régions orientales; il pourrait s'identifier avec le Baro du Habel. À l'ouest, c'est le *Bahr-el-Gazal* (fleuve des Gazelles), qui arrive, à travers les lagunes du lac Nô, se joindre au Bahr-el-Abiad, venu du sud, probablement du grand lac Nyanza d'Oukéréwé. Un autre affluent oriental est probablement identique avec la rivière Uma, dont M. d'Abbadie a découvert la source dans la forêt de Babya, au sud de l'Éthiopie.

De Khartoum au lac Nô, les rives du Nil Blanc sont ombragées d'une végétation tropicale, qui leur donne l'aspect d'un fleuve d'Amérique. Plus au sud, la scène change. Les bords du Nil deviennent plats et monotones; des marais insalubres et remplis de reptiles et d'insectes s'étendent des deux côtés à perte de vue. À partir du septième parallèle, le terrain s'élève sensiblement; la navigation sur le fleuve devient très-difficile à cause des écueils, des cataractes et des rapides qu'il faut franchir.

Gondokoro, situé sous le cinquième degré de latitude, était encore naguère le terme des voyages d'exploration entrepris dans cette direction; mais, en 1862, MM. Speke et Grant ont réussi à y arriver par le sud, en suivant le fleuve qui sort du

lac Nyanza. Si les courageux voyageurs n'avaient pas été forcés d'abandonner ce cours d'eau, et de faire un détour, pour éviter un pays alors en proie à la guerre, il serait aujourd'hui parfaitement établi que le Nil a sa source principale dans l'immense lac de l'Afrique équatoriale, c'est-à-dire le lac Nyanza. M. Baker vient de constater, en outre, que le Nil traverse le grand lac Luta-Nzigé, au nord du Nyanza.

Le lac *Nó*, où le *Bahr-el-Gazal* se joint au fleuve Blanc, est une nappe d'eau d'une lieue de tour, entourant une île couverte d'une végétation luxuriante.

Cette nappe d'eau est en communication avec plusieurs autres, encore plus grandes, par une série de canaux très-étroits, obstrués par des forêts de roseaux qui laissent à peine passer deux barques de front. Au nord-ouest, on entre, à travers un épais fouillis de roseaux, dans le fleuve des Gazelles, qui porte aussi les noms de Bahr-el-Djour, Om-el-Triman, etc.

Dans les environs du lac *Nò* et de ses tributaires habitent des peuplades noires, les Dinkas, les Schelouks, les Nouer, les Barry, etc. De distance en distance, le voyageur voit surgir sur les rives de ces fleuves un noir géant demi-nu, grêle et déhanché, debout sur une jambe et tenant l'autre en l'air, pliée sur sa lance.

« Semblable au marabout pêcheur qui, juché sur un de ses longs pieds, guette sa proie non loin de là, le riverain du Nil, véritable échassier humain, reste ainsi immobile, attendant patiemment qu'un poisson vienne à se montrer à la surface de l'eau pour le harponner <sup>1</sup>. »

Tout annonce que nous sommes à la veille de voir le problème le plus ancien de la géographie résolu d'une manière complète et satisfaisante. L'intérieur de l'Afrique, et surtout les parties où le Nil prend sa source, nous sera bientôt aussi complètement connu que toute autre partie du monde depuis longtemps explorée.

Après le Nil, le cours d'eau le plus important de l'Afrique est le *Zambèse*, qui a été parcouru par le docteur Livingstone. Ce fleuve se jette dans le canal de Mozambique, sous le 18° degré de latitude sud.

Le Niger, ou *Djoliha*, descend du versant oriental de ce groupe

1. Burton, *Voyage aux grands lacs de l'Afrique orientale*.

de montagnes d'où s'épanchent vers l'occident le Sénégal, la Gambie et la Faléné. Il remonte d'abord vers le nord-est jusqu'à Tombouctou, puis revient vers le sud, et se jette dans l'Atlantique par vingt-deux embouchures. Ce fleuve, dont le cours n'est exactement connu que depuis peu de temps, fut exploré successivement par Mungo-Park et Laing, qui y ont péri; puis par Caillé et par le docteur Barth, qui sont revenus sains et saufs de Tombouctou. Ce dernier voyageur a remonté le fleuve jusqu'à Say. Plus au sud, c'est-à-dire dans la Guinée méridionale, on rencontre le Zaïre, ou Congo, qui tombe aussi dans l'océan Atlantique.

Les rivières d'Australie sont peu connues et, en général, peu considérables. Elles coulent, pour la plupart, dans des ravins profonds qui sillonnent les plateaux. Dans la saison des pluies, leur volume augmente d'une manière extraordinaire. La rivière Hawkesbury, par exemple, élève son niveau de 30 mètres pendant les crues. Il existe probablement dans l'intérieur de ce continent, encore si peu exploré, un bassin formé avec des laçs salés où se rendent beaucoup de cours d'eau. Les rivières les plus connues sont le Murray et le Darling, dans la Nouvelle-Galles du Sud.

Presque tous les grands cours d'eau de l'Amérique méridionale se dirigent vers l'est, et se rendent à l'océan Atlantique. Le peu d'espace qui reste entre l'océan Pacifique et les Cordillères ne permet pas à l'occident la formation de grandes rivières.

L'estuaire de la Plata reçoit le Rio-Parana, qui vient du nord comme le Paraguay. Ces deux fleuves se réunissent à Corrientes pour se rendre ensemble à l'océan. Ils ont pour tributaires, venant de l'ouest, les trois rivières Pilcomayo, Vernejo et Salado (dont l'eau est saumâtre). L'Uruguay est parallèle au Parana et tombe aussi dans l'estuaire de Buenos-Ayres en la Plata. Cette vaste baie d'eau douce a une largeur de 200 kilomètres à son embouchure; elle pénètre dans l'intérieur du continent jusqu'à plus de 300 kilomètres.

Le San-Francisco vient du sud, et longe la chaîne côtière du Brésil. Il se jette dans l'Atlantique sur la côte orientale. Le Rio



da Para est l'estuaire commun de l'Uruguay et du Tocantins, qui traversent le Brésil du sud au nord.

L'île de Marajos sépare cet estuaire de l'embouchure du Maranhon, ou fleuve des *Amazones*, le plus grand cours d'eau du globe.

Le bassin de ce fleuve gigantesque embrasse 5 millions de kilomètres carrés ou 500 millions d'hectares. Il est alimenté par les eaux venant du flanc oriental des Andes du Pérou. Son embouchure a été découverte en 1500 par Pinzon. Quarante ans plus tard, Francisco Orellana descendit le fleuve depuis sa source jusqu'à l'océan. Aussi les Espagnols lui donnèrent-ils quelquefois le nom d'*Orellana*. L'embouchure du fleuve des Amazones est large de 240 kilomètres; son débit dépasse, à l'époque des crues, 300 000 mètres cubes d'eau par seconde.

Comme un équateur liquide, cet immense ruban d'eau sépare l'hémisphère nord américain de l'hémisphère sud, sur une longueur de 5000 kilomètres environ (ou de 3300 kilomètres en ligne droite). Le fleuve des Amazones, navigable jusqu'à 4000 kilomètres de son embouchure, est si profond que les sondes n'y touchent pas toujours le fond. Sa largeur est telle, que souvent on n'en distingue pas les deux bords, et que l'on se croirait en pleine mer.

Les principaux affluents du fleuve des Amazones sont le Madeira, le Rio-Negro, par lequel il communique avec le bassin de l'Orénoque, le Tapajos, le Xingu, etc. Ces fleuves arrosent des contrées fertiles et d'immenses *selvas*, ou forêts vierges impénétrables.

« Pour se faire une idée de l'immense variété des arbres et des arbustes que gonfle la sève intarissable de la nature tropicale, dit M. Elisée Reclus, il faut pénétrer dans un de ces canaux tortueux qui circulent entre les îlots des mille archipels semés sur l'Amazone. Penchés au-dessus de la rive, se succèdent les arbres les plus divers, dressant leurs panaches, déployant leurs éventails, développant leurs ombrelles de feuilles, balançant au-dessus des flots leurs guirlandes de lianes fleuries. »

Le même écrivain donne la description suivante de ce géant des fleuves :

« Terrible par son courant de 4 à 8 kilomètres par heure, le fleuve brésilien ne l'est pas moins par l'intensité de ses crues périodiques. Régulier dans ses allures comme le Nil, il commence à croître vers le mois de février, alors que le soleil, dans sa marche vers le nord, fond les neiges

des Andes péruviennes et ramène au-dessus du bassin de l'Amazone la zone de nuages et de pluies qui l'accompagne. Sous l'action combinée de la fonte des neiges et des pluies torrentielles, la crue s'élève graduellement jusqu'à 12 mètres au-dessus de l'étiage; les îles basses disparaissent, le rivage est inondé, les lagunes éparses s'unissent au fleuve et forment de véritables mers intérieures; les animaux cherchent un refuge au haut des arbres, et les Indiens qui habitent la rive campent sur des radeaux. Vers le 8 juillet, lorsque le fleuve commence à baisser, les riverains ont à lutter contre de nouveaux dangers; l'eau, rentrant dans son lit, mine en dessous ses bords longtemps détrempés, les ronge lentement, et tout à coup des masses de terre de plusieurs centaines ou de plusieurs milliers de mètres s'écroulent dans les flots, entraînant avec elles les arbres et les animaux qu'elles portaient. Ces érosions rapides s'opèrent si fréquemment, que les arbres de la berge n'atteignent jamais leur développement complet, et les voyageurs qui naviguent sur le fleuve des Amazones ne peuvent apercevoir qu'un petit nombre de ces troncs aux dimensions colossales qu'ils s'attendent à contempler. C'est donc une tentative périlleuse que la culture d'un champ sur la rive, et, sous peine de voir ses défrichements et sa demeure s'abîmer dans quelque éboulis, le colon ne peut s'établir près du fleuve sans en étudier d'avance les redoutables allures. Les îles mêmes sont exposées à une destruction soudaine: quand les rangées de troncs échoués qui leur servaient de brise-lames viennent à céder sous la violence du courant, il suffit de quelques heures ou même de quelques minutes pour qu'elles disparaissent rongées par le flot: on les voit fondre à vue d'œil, et les Indiens qui s'y étaient installés pour recueillir les œufs de tortue ou sécher le produit de leur pêche, sont obligés de s'enfuir précipitamment dans les canots pour échapper à la mort. C'est alors que passent au fil du courant ces longs radeaux de troncs entrelacés qui se nouent, se dénouent, s'accumulent autour des promontoires, s'entassent en plusieurs étages le long des rives. Autour de ces immenses processions d'arbres qui roulent et plongent lourdement sous le poids du courant comme des monstres marins ou comme des carènes renversées, flottent de vastes étendues d'herbes *cannarana*, qui font ressembler certaines parties de la surface de l'eau à d'immenses prairies. Aussi comprend-on la terreur religieuse éprouvée par les voyageurs qui pénètrent dans le fleuve des Amazones et voient à l'œuvre ces tourbillons jaunes de sable, rongant les rivages, renversant les arbres, emportant les îles pour en reconstruire de nouvelles, entraînant de longs convois de troncs et de branches. « Le « grand fleuve était effrayant à contempler, dit l'Américain Herndon; « il roulait à travers les solitudes d'un air solennel et majestueux. Les « eaux semblaient colères, méchantes, impitoyables, et l'ensemble du « paysage réveillait dans l'âme des émotions d'horreur et d'effroi sem- « blables à celles que causent les solennités funéraires, le canon ton- « nant de minute en minute, le hurlement de la tempête ou le sauvage « fracas des vagues, lorsque tous les matelots se rassemblent sur le « pont pour ensevelir les morts dans une mer agitée <sup>1</sup>. »

Les rives du fleuve sont sans cesse attaquées et transformées par les inondations, dont nous avons parlé ailleurs, ainsi que par le *prororoca*.

L'embouchure de l'Orénoque, autre lac sans rivages, se trouve au sud des Antilles, sur la côte de la Guyane. Ce fleuve ressemble beaucoup au Nil. Il a, comme le fleuve africain, ses cataractes, ses crues régulières, ses crocodiles et ses sources inconnues.

Dans l'Amérique du Nord, le flanc occidental des Montagnes Rocheuses envoie au Pacifique la rivière Orégon ou Colombia, et le Rio-Colorado, qui tombe dans le golfe de Californie. De leur versant oriental descendent le Mackensie, qui tombe dans l'océan Arctique, le Churchill et le Saskatchouan, qui vont à la baie d'Hudson.

Le golfe du Mexique reçoit le Rio Grande del Norte, et le Mississipi, dont le bassin a 400 millions d'hectares.

Ce grand fleuve naît de la réunion du Missouri, du Mississipi et de l'Ohio. Le Missouri est navigable depuis sa cataracte jusqu'à la mer, sur une ligne de 7000 kilomètres; le Mississipi sur 4000. L'Ohio communique par un système de canaux avec le lac Érié et, par suite, avec le Saint-Laurent.

Ce dernier cours d'eau réunit les cinq grands lacs, le lac Supérieur, le Michigan, le Huron, l'Érié et l'Ontario; entre les deux derniers, il forme la cataracte du Niagara. A son embouchure, il offre une largeur de 150 kilomètres, qui diminue graduellement vers l'intérieur des terres du Québec.

## VI

### Les lacs et les étangs.

Il nous reste, avant de nous occuper des mers, à parler de ces réservoirs d'eau douce ou salée auxquels on donne le nom de *lacs*.

Une masse d'eau qui est alimentée d'une manière continue par une source quelconque prend le nom de *lac*. Si l'eau s'épanche sur une large surface, qu'elle recouvre à peine, si ses rives sont mal délimitées, on l'appelle *marais*. Ces amas d'eau tranquille se rencontrent, avec plus ou moins de fréquence, à toutes les hauteurs, dans les plaines basses comme dans les plus hautes montagnes.

Les véritables lacs ne sont le plus souvent que des évase-ments du bassin d'une rivière qui les traverse. C'est ainsi qu'en Europe le lac de Genève est formé par le développement du Rhône, le lac de Constance par le Rhin, le lac Majeur et les lacs de Côme et de Garde par les affluents du Pô. La rivière d'Orbe traverse d'abord le lac de Joux (dans le haut Jura), situé à 600 mètres au-dessus du lac de Genève, puis elle s'engouffre dans de vastes entonnoirs, creusés dans les calcaires; après un cours souterrain de 4 kilomètres, elle ressort dans une vallée inférieure, à 230 mètres au-dessous du lieu où elle disparaît, et traverse encore les lacs de Neuchâtel et de Bienné. Le lac Baïkal, dans la Sibérie orientale, est traversé par l'Angara; le lac Tzana, en Éthiopie, par l'Abbay ou *fleuve Bleu*.

On observe quelquefois plusieurs étranglements successifs de la vallée, et le lac se divise ainsi en plusieurs bassins, comme celui de Lucerne, traversé par la Reuss, qui remplit trois bassins, sans compter deux autres lacs latéraux avec lesquels il communique encore. En Amérique, les cinq grands lacs du Canada semblent n'être que les bassins successifs de la large étendue du fleuve Saint-Laurent. En Russie, les lacs La-



dogo, Onéga, Saima, Biélo, Ilmen communiquent, par des rivières, tous entre eux et avec le lac de Finlande.

Les lacs d'où sortent des rivières ne sont souvent alimentés que par des sources souterraines. Tels sont le lac Seligher, qui donne naissance au Volga; le Koukou-Noor, au pied de la chaîne du Thian-Chan, d'où sort le fleuve Jaune; le Rawana-Hrada, sur le versant boréal de l'Himalaya, source d'un affluent de l'Indus. Ces lacs sont ordinairement petits et situés à un niveau très-élevé, comme celui du Monte-Rotondo, en Corse, et le Cader-Idris, dans le comté de Galles. Le contraire arrive lorsqu'un lac reçoit une rivière sans qu'il en sorte au-



Fig. 150. Lac Pavin, en Auvergne.

cun cours d'eau. Alors de deux choses l'une : ou bien les eaux se perdent par des conduits souterrains, ou bien l'évaporation compense la quantité d'eau qui afflue. Quelquefois ces deux causes peuvent agir ensemble.

Ces sortes de lacs sont ordinairement salés; on peut les considérer comme des mers intérieures : telles sont la mer Caspienne, celle d'Aral, la mer Morte, etc. Les lacs Balkh, le lac Tchad, le grand lac Titicaca, le lac de Celano (Fucino), ne sont pas salés.

Il existe enfin des lacs où il n'entre et d'où il ne sort aucune rivière. Ils occupent généralement des cratères de volcans éteints et proviennent de l'accumulation des eaux pluviales.

L'évaporation de l'eau étant compensée par les pluies, le niveau de ces lacs ne varie pas sensiblement. Le plus curieux des lacs de ce genre, c'est-à-dire de ceux qui, formés par les eaux pluviales, ont pour bassin le cratère d'un volcan éteint, c'est le lac Pavin, en Auvergne, dont nous donnons ici la figure (fig. 150). Les lacs d'Albano et d'Averne, en Italie, et plusieurs lacs de l'Eifel, ont la même origine géologique que le lac Pavin.

D'autres lacs sont en communication directe avec la mer et semblent n'être que des golfes. On leur donne le nom de *lagunes*. Ils sont formés tantôt par la mer, tantôt par l'embouchure d'un cours d'eau. Nous citerons, comme exemples, les



Fig. 151. Étang de Berre, près de Marseille.

lagunes de Venise et de Comacchio ; les trois Haffs de la Baltique : le lac Maelar, en Suède ; les étangs de Berre, près de Marseille (fig. 151), et de Thau, près de Cette, sur la côte française de la Méditerranée ; la *grande lagune*, dans le golfe du Mexique. On peut encore ranger dans cette catégorie les *lagons* des récifs de corail dans l'Océanie.

Les lacs présentent quelquefois un fait très-curieux : c'est le mélange de plusieurs réservoirs d'eau douce avec des réservoirs d'eau salée. Au nord de la mer Caspienne, on voit, dans une plaine, une foule de petits lacs qui contiennent, les uns de l'eau douce, les autres de l'eau chargée de sel marin ou de

sulfate de magnésie, en quantités qui varient selon la saison. Il existe, au Tibet des lacs tenant en dissolution de l'acide borique qui ne se retrouve guère au même état que dans certains lacs ou *lagoni* de la Toscane. C'est de cette source que l'on retire l'acide borique, qui est livré au commerce pour les besoins des arts et de la pharmacie.

On appelle en Toscane *lagoni* de petits lacs naturels ou artificiels, résultant de la condensation de jets d'eau et de vapeurs qui s'élancent du sol, à peu près comme les *geysers* de l'Islande. Ces jets d'eau et de vapeurs se nomment *soffioni*, ou *fumerolles*. Ils s'élancent dans l'air avec beaucoup de force, en répandant une odeur sulfureuse. En retombant, ils forment les petits lacs nommés *lagoni*. L'acide borique se trouve au nombre des produits lancés par les *soffioni* de la Toscane : il reste dissous dans l'eau des *lagoni*. Pour obtenir cet acide solide et cristallisé, il suffit de soumettre cette eau à l'évaporation<sup>1</sup>.

La salure et la densité des eaux des grands lacs salés sont souvent supérieures à celles de l'Océan ; c'est ce qu'on observe dans la mer Morte, le lac d'Ormiah, etc.

Le phénomène des marées lunaires (très-faible, il est vrai) a été constaté dans le lac Michigan et dans d'autres grands lacs.

1. « L'acide borique, disent MM. Pelouze et Fremy, se trouve en Toscane dans de petits lacs naturels ou artificiels, qui portent le nom de *lagoni*. Sous les *lagoni* viennent déboucher de petits cratères, appelés *soffioni*, qui dégagent continuellement de la vapeur d'eau entraînant de l'acide borique. Cet acide borique vient se dissoudre dans l'eau des *lagoni*. Lorsque ces dissolutions ont été amenées à une concentration convenable, il suffit de les laisser refroidir pour obtenir de l'acide borique cristallisé.

« On évapore les dissolutions d'acide borique en profitant de la chaleur qui résulte de la condensation de la vapeur des *soffioni*; cette vapeur est amenée, par des conduits de bois ou de terre cuite, sous les chaudières d'évaporation.

« L'acide borique cristallisé et encore humide est placé d'abord dans des paniers d'osier où il s'égoutte, et porté ensuite dans des séchoirs de briques, chauffés encore par la vapeur des *soffioni*. » (Pelouze et Fremy, *Traité de chimie générale*, 2<sup>e</sup> édition, tome I, p. 587 et 588.)

D'après M. Payen, les gaz qui s'échappent, avec la vapeur d'eau, des *soffioni* de la Toscane, sont ainsi composés :

Gaz acide carbonique.....	57
Azote.....	35
Oxygène.....	7
Hydrogène sulfuré.....	1



Les marées accidentelles désignées sous le nom de *seiches*, qui font varier les niveaux du lac de Genève, du lac Wetteren en Suède, et de beaucoup d'autres, sont plus connues et plus sensibles. Ce sont des débordements subits et de courte durée, dus probablement aux différences de pression barométrique à la surface très-étendue des eaux. Les *seiches* sont de toutes les saisons, mais généralement elles sont plus fréquentes au printemps et en automne.

En Afrique et en Amérique on rencontre des lacs qui se dessèchent de temps en temps, comme les lacs de sel du Sahara et les lacs Narayes et de Paria. D'autres offrent un phénomène analogue au jeu des fontaines intermittentes. Tel est le lac de



Fig. 152. Lac de Joannita, en Grèce.

Zirknitz, en Illyrie. Il est entouré de montagnes calcaires. Sa circonférence varie de 20 à 40 kilomètres; il reçoit huit ruisseaux et présente quatre ou cinq îles, dont la plus grande est occupée par le village de Vorneck. A certaines époques, les eaux s'écoulent par un grand nombre de conduits souterrains, dont l'orifice s'ouvre au fond du lac, si bien que l'on peut prendre à la main les poissons qui ne sont pas entraînés sous terre. Le lac demeure alors quelque temps à sec; il se couvre d'une riche végétation et peut être ensemencé. Mais il ne faut pas se fier à ce calme trompeur. Les eaux reviennent à l'improviste par où elles étaient parties, et le lac, avec un bruit



formidable, se remplit de nouveau, engloutissant les récoltes qui recouvraient son ancien lit.

Le lac de Joannina, en Grèce, célèbre par les aventures d'Ali-Pacha, communique par un canal souterrain avec la rivière Kalama, et se réduit à peu de chose en été; on sème alors du maïs dans son lit desséché (fig. 152).

Nous terminerons ce chapitre par l'énumération des lacs les plus remarquables du globe.



Fig. 153. Extrémité supérieure du lac de Genève.

*Europe.* Les lacs de la Suisse sont célèbres par leur situation pittoresque. Nous avons déjà parlé de ceux de Genève (fig. 153), de Lucerne, Constance, etc. Mais ces lacs ne sont peut-être pas ceux qui attirent le plus vivement les regards ou la pensée. Les petits lacs des montagnes, situés dans la solitude des hautes régions alpestres, aux bords desquels viennent s'abreuver les chamois ou se reposer les aigles, offrent un genre de beauté sauvage que n'ont jamais les grandes nappes d'eau dont les

rives sont fréquentées par les hommes. On peut citer comme particulièrement pittoresque le petit lac d'Oeschi, près de Kandersteg, dans le canton de Berne, qui donne naissance à la rivière de la Kander (fig. 154).

Voici le tableau des plus grandes profondeurs des lacs des Alpes :

Lac Majeur, 854 mètres; — lac de Côme, 604; — lac de Brienz, 585; — lac d'Iseo, 340; — lac de Genève, 309; — lac de Lugano, 279; — lac de Constance, 276; — lac de Thun, 265; — lac des Quatre-Cantons, 260; — lac de Garde, 195; — lac de Wallensee, 156; — lac de Neuchâtel, 144; — lac de Zurich,



Fig. 154. Lac d'Oeschi, près de Kandersteg, en Suisse.

143; — lac d'Idro, 130; — lac du Bourget, 78; — lac de Biennne, 78; — lac d'Annecy, 60.

Parmi les beaux lacs d'Europe qui rappellent ceux de la Suisse et de la Savoie, nous citerons les lacs de Flaa ou Flatdal, en Norvège, et le lac d'Échauda, dans le Dauphiné.

Dans la Russie septentrionale et dans la péninsule scandinave, on admire un grand nombre de lacs, quelquefois très-étendus. Le lac Ladoga, que la Néva met en communication avec le golfe de Finlande, a une superficie de 16 000 kilomètres carrés; le lac Onéga a 8 500 kilomètres carrés; le lac Wener, 5 500. A côté de ces véritables mers d'eau douce, que devient,

par exemple, le lac de Genève, dont l'étendue ne dépasse pas 850 kilomètres carrés !

Le Wettersee, en Suède, est cité pour la limpidité de ses eaux ; on y voit une pièce de monnaie à 35 mètres de profondeur. Le Wettersee, et le lac Lomond, en Écosse, éprouvent souvent, par le plus beau temps, de violentes agitations dont la cause est inconnue. Un phénomène mystérieux de ce genre s'observe encore sur le lac très-profond de Boleslaw, en Bohême, qui est souvent pris d'un mouvement inexplicable. Quand cette agitation se produit en hiver, le lac projette en l'air de lourds morceaux de glace<sup>1</sup>.

Un lac situé près de Beja, dans le Portugal, annonce, par ses mugissements, l'approche d'un orage. Le lac Baïkal, près d'Irkoustk, le lac sacré des Russes, prédit aussi aux pêcheurs l'approche d'une brise ou d'un orage, une heure d'avance, par des ondulations violentes (les *zyb*) qui semblent venir de la direction d'où soufflera le vent. Seulement, ces ondulations sont moins fortes avant un orage qu'avant une brise modérée. Le lac Baïkal a une longueur de 630 kilomètres sur 40 à 80 de large ; il est situé au milieu des montagnes et reçoit un grand nombre de ruisseaux qui descendent de leurs flancs. Il se décharge dans la rivière Angara, par une étroite fissure des rochers au nord-ouest.

*Asie.* Les Hindous ont aussi leurs lacs sacrés : le Mano-Sarowar et le Ravana-Irada, situés au centre du plateau qui s'étend au nord de l'Himalaya. Autour de ces lacs se groupent les sources de l'Indus, du Gange, du Brahmapoutre, de la Djumna, etc. En parlant de l'Himalaya, nous avons déjà cité les lacs situés à de grandes hauteurs dans cette chaîne colossale.

1. Dans le lac Huron, il existe une baie où s'accumulent constamment des nuages électriques ; on ne peut la traverser sans entendre gronder le tonnerre. Sir Alexandre Mackenzie raconte un phénomène inexplicable qu'il a observé sur le lac Rose (Amérique du Nord) : « Au portage de Martres, dit-il, l'eau n'a pas beaucoup plus d'un mètre de profondeur et le fond est fangeux ; on peut y enfoncer des perches de 4 mètres avec la même facilité que dans l'eau. Mais cette fange exerce une attraction magique sur les bateaux, de telle sorte que les rameurs ont une peine extrême à les faire avancer. Des bateaux chargés courent le risque de couler à fond là où l'eau est peu profonde ; cet effet cesse d'être sensible dans la partie sud, où la profondeur est plus grande. » Quelque chose d'analogue se voit, d'après le même auteur, dans un certain point du lac Saginaga.



Nous donnons ici une vue du lac de Kiouk-Kiol, d'après MM. Schlagintweit (fig. 155).

Les grands lacs de Van et d'Ormiah, situés à la frontière de Perse et d'Arménie, sont excessivement salés. Ils reçoivent beaucoup de tributaires, sans offrir aucun écoulement, mais leur volume diminue plutôt qu'il n'augmente. Une diminution semblable s'observe sur la mer Caspienne et sur le lac d'Aral.

Le niveau de la mer Caspienne est situé à 25 mètres au-des-



Fig. 155. Lac de Kiouk-Kiol (Tibet).

sous de celui de l'Océan, et à 35 au-dessous du lac d'Aral; sa profondeur dépasse en quelques points 800 mètres.

La mer Morte (fig. 156), qui reçoit les eaux du Jourdain, s'étend aussi dans une dépression considérable du sol. Le niveau de ses eaux est de 400 mètres au-dessous de la mer Rouge. Le lac de Tibériade, immortalisé par les prédications de N. S. Jésus-Christ, est situé à peu de distance; il est à 200 mètres au-dessous du niveau de l'Océan. La profondeur moyenne



de la mer Morte est de 400 à 600 mètres; son fond est donc de 1000 mètres au-dessous du niveau des mers, et de 1800 mètres au-dessous de Jérusalem. Il y a, du reste, dans la mer Morte deux bassins différents, l'un très-profond au nord, et l'autre plus petit au sud, qui a très-peu de profondeur; ils sont séparés par une péninsule sablonneuse, nommée El-Mesraa. Les rives arides, mornes, nues et lugubres de cette nappe d'eau



Fig. 156. Vue de la mer Morte.

lourde et salée, sont en quelques points couvertes de roseaux grands comme des arbustes; mais en général les environs sont dénués de végétation. On n'y trouve que les *osher* des Arabes, fruits qui ressemblent à une pomme, mais qui sont creux et ne contiennent qu'une substance pulvérulente. D'après M. Rochet d'Iléricourt, il existe un autre lac salé dans le désert de Tadjoura, le Bahr-Assal, dont le niveau est inférieur de 170 mètres

à celui de la mer Rouge, dont il est séparé par un isthme large de 10 kilomètres. Le thermomètre marque souvent 52 degrés sur son rivage aride.

*Afrique.* — Citons d'abord pour l'Afrique le lac Tchad, qui a été exploré par le docteur Barth, en 1851 (fig. 157). C'est une immense lagune, marécageuse et peu profonde, dont les rives



Fig. 157. Le lac Tchad.

mal accusées changent avec la saison, suivant les pluies et les sécheresses qui leur succèdent. Son eau est douce ; elle reçoit le tribut de plusieurs grandes rivières. Quelques îles verdoyantes surgissent au milieu de cette vaste nappe d'eau ; ses bords sont fertiles et bien cultivés. On y trouve des prairies, des champs de fèves, de coton, de céréales. Les hippopotames, les crocodiles, les éléphants, etc., abondent sur ses bords.

Le lac Tanganyika (fig. 158), qui est situé par 27 degrés de longitude entre le 3<sup>e</sup> et le 8<sup>e</sup> degré de latitude sud, a été découvert, en 1853, par le capitaine Burton. Il est de forme ovale, et mesure environ 400 kilomètres du nord au sud. C'est un cratère volcanique, formé dans le granit, qui reçoit des rivières sans avoir d'écoulement. Ses eaux sont douces, et les poissons y foisonnent.

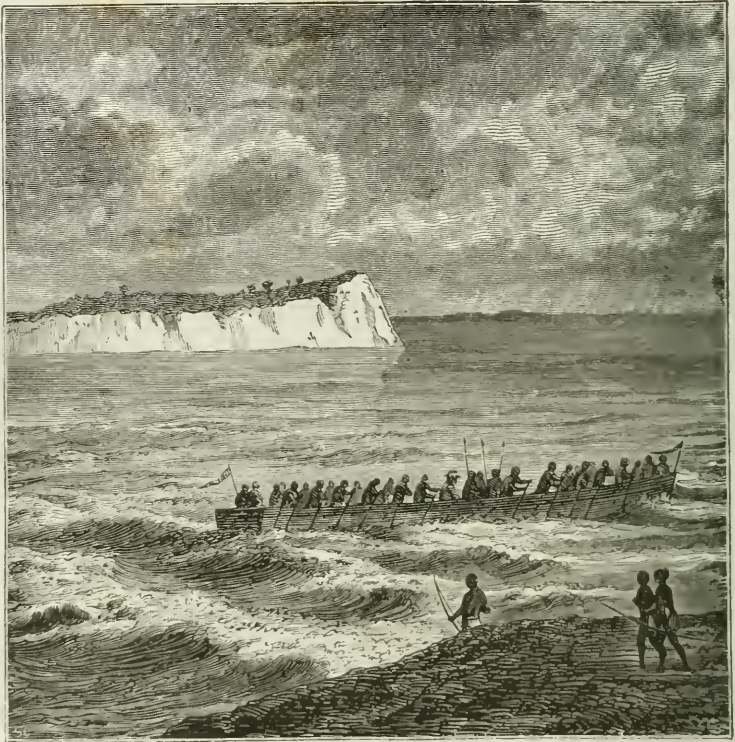


Fig. 158. Le lac Tanganyika.

Au sud du lac Tanganyika, M. Livingstone a découvert trois lacs moins considérables : le Shirwa, le Nyassi ou Nyinyesi (*lac des Étoiles*) et le Nyami. Au nord, juste sous l'équateur, le capitaine Speke a découvert, en 1859, le lac Nyanza d'Oukéréwé, élevé de 1140 mètres au-dessus de l'Océan. Ce lac donne issue, au nord, à un torrent que M. Speke a suivi en 1862, et qu'il suppose être le cours supérieur du Nil. Plus au nord où il s'é-



largit, ce fleuve porte quelquefois des *îles flottantes*, formées d'un terrain tourbeux qui est retenu par d'immenses tissus de roseaux et de racines d'arbres. Ces îles se détachent du rivage lorsqu'elles sont minées par les flots, et nagent alors à la surface des eaux. On voit aussi de ces îles flottantes sur le lac Lomond, en Écosse ; sur un petit lac près de Saint-Omer ; dans les lagunes de Comacchio, et sur les lacs de Gerdauen (Prusse) et de Kolk (pays d'Osnabruk). Il en est même qui se montrent et disparaissent tour à tour. Sur le lac Ralang, en Suède, un semblable îlot flottant parut à la surface dix fois



Fig. 159. Lac Salé.

depuis 1696 jusqu'en 1766. Il avait 90 mètres de long et 70 mètres de large <sup>1</sup>.

*Amérique.* — Dans le nord de l'Amérique, dans l'Utah, il existe aussi un grand lac salé, dont l'eau est fatale à la vie organique. C'est dans son voisinage qu'a été bâtie par les Mormons la *Cité des Saints*. La nouvelle ville se déploie sur la rive

1. Un voyageur a parlé, en 1816, d'un îlot flottant qui s'était fixé depuis quatre-vingt-trois ans à peu de distance de l'embouchure du Mississipi, et qui offrait une longueur de 15 kilomètres sur une largeur de 200 mètres et une épaisseur de 2 mètres et demi. On l'appelait le *Grand-Radeau*, parce qu'il était composé d'un amas d'arbres tombés successivement dans le fleuve et charriés par ses flots. Ce conglomérat végétal, qui s'était peu à peu couvert de sable, d'herbes et de broussailles, présentait l'aspect d'une île véritable.

Pline, dans une lettre adressée à Gallus, a décrit les îles flottantes du lac Vadinon, aujourd'hui *Lago di Bassanelle*.



droite du Jourdain, rivière qui tombe dans cette mer Morte du Far-West. Le capitaine Burton, qui s'est baigné dans le *lac Salé*, dit que ses cheveux, en sortant de l'eau, étaient poudrés à frimas, par un enduit gluant, et que sa peau était revêtue d'une couche de sel. Le lac Salé (fig. 159) est situé à 1260 mètres au-dessous de l'Océan.

Le nord de l'Amérique offre un grand nombre de lacs d'une immense étendue. Le Canada renferme cinq énormes lacs ; on en jugera par les chiffres suivants :

	SUPERFICIE.	ALTITUDE.	PROFONDEUR MOYENNE.
	kilomètres carrés.	mètres.	mètres.
Lac Supérieur...	110 000	192	275
Lac Michigan....	77 600	183	300
Lac Huron.....	70 000	183	300
Lac Érié.....	32 800	170	36
Lac Ontario....	21 500	70	170

Il faut ajouter à ces cinq lacs, ceux de Winnipeg, Wollaston, Athabasca ; les grands lacs de l'Ours et de l'Esclave, etc.

Le plus remarquable des lacs de l'Amérique du Sud est celui de Titicaca, entre deux chaînes des Cordillères de Bolivie, qui communique avec le lac voisin d'Ullagas par une rivière qui n'est au fond qu'un véritable déversoir (*desaguadero*).

Le lac Wyn, en Écosse, est toujours, selon Malte-Brun, couvert en partie d'épaisses glaces. Dans la Nouvelle-Zélande, au contraire, il existe un lac d'eaux bouillantes, le *Rotho-Mahana* (fig. 160), d'où s'élèvent continuellement des colonnes de vapeur d'eau. Ses eaux jaillissent d'un grand nombre d'orifices ; la source principale domine le lac de 35 mètres et remplit d'un seul jet un bassin ovale de 80 mètres de tour, bordé d'un revêtement de stalactites d'une parfaite blancheur, dépôt formé par les eaux. Tout autour sont échelonnées les autres sources thermales qui alimentent le grand bassin. M. Ferdinand de Hochstetter, qui faisait partie de l'expédition scientifique de la frégate autrichienne *la Novara*, a passé quelques jours sur un îlot situé au milieu de ce lac. On y entend sans cesse le bruissement de la surface liquide, et le sol a une température très-élevée. Quand on enfonce une canne dans le sable, il en sort des jets de vapeur brûlante. A quelque distance de ce lac,

on trouve de petits bassins remplis d'eau bleue, limpide et tiède, qui forment comme des baignoires naturelles.

Nous terminerons ce chapitre en réunissant dans un tableau

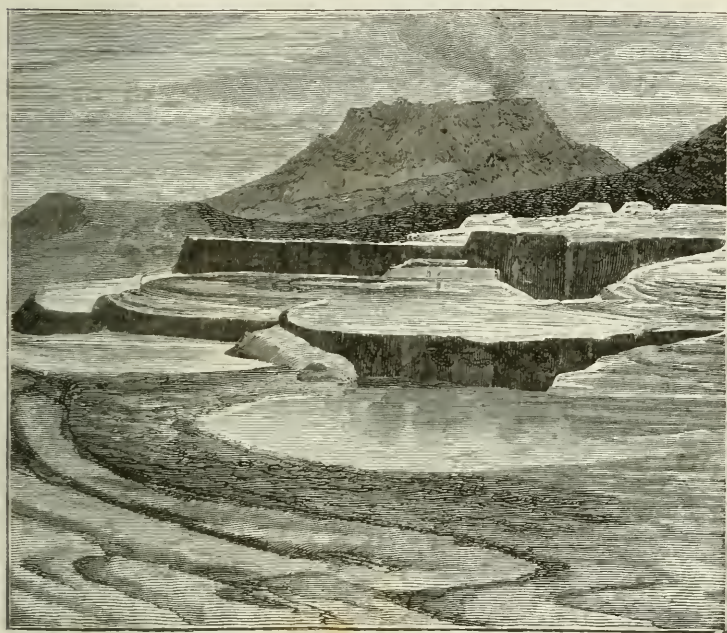


Fig. 160. Lac d'eaux bouillantes du Rotho-Mahana.

les mesures en superficie et altitude de quelques lacs célèbres, pour faire suite aux mesures semblables que nous avons données des grands lacs du Canada.

	SUPERFICIE. kilomètres carrés.	ALTITUDE <sup>1</sup> . mètres.
Mer Caspienne.....	410 000	— 25
Mer d'Aral.....	120 000	10
Lac Tchad.....	74 000	275
Lac Baikal.....	45 000	470
Lac Winnipeg.....	30 000	»
Lac de l'Esclave.....	28 000	»
Lac Ladoga.....	16 000	»
Lac Balkhach.....	16 000	»
Lac Tanganyika.....	16 000	600

1. Le signe — veut dire au-dessous du niveau général des mers.

	SUPERFICIE. kilomètres carrés.	ALTITUDE. mètres.
Lac Titicaca.....	14 000	3900
Lac Onéga.....	8 500	»
Lac Tzana.....	8 300	1880
Lac Wener.....	5 500	44
Lac de Van.....	6 000	2270
Lac d'Oumiah.....	5 800	1200
Mer Morte ....	1 300	— 400
Lac de Genève.....	850	375
Lac de Celano.....	110	650

L'altitude de la mer Caspienne qui figure dans ce tableau a été déterminée exactement par M. Struve, en 1837. On avait cru jusque-là que le niveau de ce lac était à plus de 100 mètres au-dessous du niveau de l'Océan. Pour le lac d'Aral, nous avons adopté le résultat du nivellement barométrique du général Berg, exécuté en 1826, d'après lequel le lac d'Aral serait à 35 mètres au-dessus de la mer Caspienne, et par conséquent à 10 mètres au-dessus du niveau de l'Océan. D'après M. Eichwald, la différence ne serait que de 9 mètres.

La profondeur moyenne n'est pas connue pour tous ces lacs. Donnons seulement celles de la mer Caspienne : 200 mètres (un sondage isolé de M. Hanway a donné 820 mètres); — de la mer d'Aral : 50 mètres; — du lac Baïkal : 200 mètres; — de la mer Morte : 500 mètres. La profondeur moyenne du lac de Genève ne saurait être précisée, car en certaines parties on n'a pas trouvé le fond. Près du château de Chillon sa profondeur est de 162 mètres; près de Meillerie, de 300 à 350 mètres; de Genève à Lyon elle ne dépasse pas 97 mètres.

# LES MERS.

---

## I

Les mers. — Leur étendue. — Couleur de la mer. — Sa phosphorescence.  
— Composition de l'eau de la mer. — Les *atolls*, ou îles à coraux. —  
Origine géologique de la salure des mers.

L'Océan, cette immense nappe d'eau qui recouvre à peu près les trois quarts de la surface du globe, et dont le nom réveille tant de souvenirs et de pensées, joue un rôle très-important dans l'économie de la nature. Balayée par les vents, sa vaste surface aspire sans cesse les gaz nuisibles qui chargent l'atmosphère; elle engloutit dans son énorme masse les débris que lui apportent les eaux courantes qui ont lavé les continents, et elle rend à l'atmosphère ces eaux purifiées, sous forme de vapeurs, qui retombent sur la terre en pluie, en neige ou en rosée. Ces eaux retournent à l'Océan par le canal des rivières et des fleuves; et ainsi s'établit ce cercle éternel, ce voyage sans fin, qui fait servir les mêmes eaux à l'entretien et au renouvellement de la vie organique sur le globe.

« L'Océan, dit Malte-Brun, par ses exhalaisons qui rafraîchissent et humectent l'air, entretient la vie végétale, et fournit des aliments nécessaires à ces admirables canaux d'eau courante qui, en coulant toujours, ne se vident jamais. Sans l'influence bienfaisante de ces vapeurs qui, à chaque instant, s'échappent de la surface des mers, toute la terre languirait déserte et inanimée; le dessèchement de l'Océan, lent ou subit, suffirait probablement pour plonger dans le néant toute la nature organisée. »

L'immensité et la profondeur des mers ne sont pas toutefois des obstacles au commerce des peuples, qu'elles ne séparent



qu'en apparence : les routes maritimes, parcourues aujourd'hui par tant de navires, sont plus libres et plus larges que nos routes de terre ; la nature se charge de les entretenir et elles ne coûtent rien aux États.

Un des traits les plus caractéristiques de la mer, c'est sa continuité. A l'exception de quelques réservoirs intérieurs qu'elle a abandonnés au milieu des continents, tels que la mer Caspienne, la mer Morte, etc., la mer est une et indivisible. Comme le dit le poète, « elle embrasse la terre entière d'un flot non interrompu. »

Περὶ πάντων ἐπιστάμενος γῆδὸν ἀκοιμήτω ῥέματι.

La profondeur moyenne de la mer ne nous est pas exactement connue. On ne pourrait expliquer certains phénomènes qu'on observe dans le mouvement des marées, sans admettre une profondeur moyenne d'au moins 7 kilomètres. Il est vrai qu'un grand nombre de sondages, exécutés en pleine mer, ont donné des résultats inférieurs à cette limite ; mais en revanche d'autres l'ont de beaucoup dépassée, et l'on connaît des cas où 12 à 15 kilomètres de fil de sonde ont été dévidés sans toucher le fond. En admettant que 6 kilomètres 1/2 représentent la profondeur moyenne de l'Océan, sir John Herschel a trouvé que le volume de ses eaux dépasse 3 millions de myriamètres cubes (3 milliards de kilomètres cubes) et leur poids total 3 millions de trillions de tonneaux<sup>1</sup> ; pour écrire ce dernier chiffre, il faut 18 zéros à la suite du 3. Ce poids total représente  $\frac{1}{2000}$  de la masse de la terre.

Nous reviendrons plus loin sur les sondages par lesquels on a cherché à connaître la profondeur des eaux et la configuration du fond de l'Océan ; avant de nous en occuper, nous parlerons de la couleur de la mer et de la composition de ses eaux.

La couleur de la mer varie beaucoup, du moins en apparence. D'après le témoignage d'un grand nombre d'observateurs, l'Océan, vu par réflexion, présente une teinte bleue d'outre-mer, ou bleu d'azur vif. Quand l'air est pur, la surface

1. Un tonneau pèse 1000 kilogrammes.

tranquille des eaux paraît d'un azur plus brillant que celui du ciel. Par un temps couvert, cette teinte passe au vert sombre ; elle se rembrunit également si la mer est agitée. Au coucher du soleil, la surface des eaux s'illumine de teintes pourpre et émeraude.

Une foule de circonstances locales influent encore sur la couleur des eaux de la mer, et leur donnent quelquefois une certaine nuance prononcée et constante. Un fond de sable blanc communique à l'eau de la mer, si elle est peu profonde, une teinte grisâtre ou vert-pomme ; quand le sable est jaune, le vert paraît plus sombre. La présence des écueils est souvent annoncée par la couleur foncée que la mer prend dans leur voisinage. Dans la baie de Loango, les eaux semblent fortement rougeâtres, parce que le fond y est naturellement rouge.

D'autres fois, ce sont des animalcules colorés qui donnent à l'eau une teinte particulière. La mer Rouge doit sa coloration particulière à une algue microscopique, le *Trychodesmium erythraeum*. Les eaux de la mer concentrées par l'action spontanée des rayons solaires, dans les marais salants du midi de la France, prennent, quand elles sont arrivées à un certain degré de concentration, une belle couleur rouge, qui est due à des animalcules à carapace rougeâtre, qui vivent dans l'eau de mer à ce degré de concentration, et qui, circonstance bien étrange, meurent dès que l'eau atteint une densité plus forte par la concentration, ou plus faible par l'effet des pluies.

Les navigateurs traversent souvent de longues bandes vertes, rouges, blanches ou jaunes, dont les teintes sont dues à des crustacés microscopiques, à des méduses, des zoophytes, et à des plantes marines. C'est ce que l'on observe dans la *mer de Sargasses* ou de *Varechs* ; c'est ce que l'on voit aussi sur la côte d'Afrique, etc.

C'est à une cause du même genre qu'il faut rapporter le magnifique phénomène de la *phosphorescence de la mer*, qui se manifeste fréquemment dans l'océan Indien, dans le golfe de Suède, le golfe d'Arabie, etc. Dans la mer des Indes, le capitaine Kingman traversa une zone de 40 kilomètres de largeur, tellement remplie d'animalcules phosphorescents, qu'elle présentait, pen-

dant la nuit, l'aspect d'un immense champ de neige. Ces animaux, longs de près de 15 centimètres, étaient formés d'une matière gélatineuse et translucide. La réflexion de la lumière solaire sur cette substance visqueuse donnait à la surface de l'eau une apparence laiteuse.

La phosphorescence de la mer est un spectacle imposant et magnifique. Le navire, en sillonnant les ondes, semble s'avan-



Fig. 161. Mer phosphorescente.

cer au milieu de flammes rouges et bleues, qui jaillissent de la quille comme autant d'éclairs. On croit voir des myriades d'étoiles qui flottent et se jouent à la surface des flots; elles se multiplient, se réunissent et finissent par former un vaste champ de feu. Quand le temps est orageux, les vagues qui s'élèvent sont lumineuses; elles roulent et se brisent en une écume argentée. Des corps étincelants, qu'on prendrait pour des

poissons de feu, semblent se poursuivre, s'atteindre, se perdre et s'élancer de nouveau.

Connu de temps immémorial, le phénomène de la phosphorescence de la mer a été observé par tous les navigateurs. Il est assez fréquent dans certaines régions de l'Océan, en particulier sous les tropiques et dans la mer des Indes. L'apparence lumineuse se montre aux crêtes des vagues qui, en retombant, éparpillent la lueur en tous sens ; elle s'attache aussi au gouvernail et semble s'échapper des lames coupées par la proue du navire (fig. 161) ; elle se joue encore autour des récifs et des rochers battus par les flots. Ce phénomène naturel produit de magiques effets dans les nuits silencieuses des tropiques.

La phosphorescence de la mer est due à la présence d'une multitude de mollusques et de zoophytes qui brillent d'une lumière propre. Ces animaux émettent un fluide tellement susceptible d'expansion, qu'en nageant en zigzag ils laissent sur l'eau des traînées brillantes qui s'étendent avec rapidité. L'un des plus remarquables de ces animalcules est une espèce de *Pyrosoma*, sorte de poche muqueuse d'un pouce de long, qui, jetée sur le pont d'un navire, émet autant de lueur qu'un fer chauffé à blanc. Sir John Herschel a observé à la surface d'eaux tranquilles une forme très-curieuse de cette phosphorescence : c'étaient des polygones à contours rectilignes, de plusieurs pieds carrés de surface, s'illuminant par moments d'une vive lumière qui les parcourait avec rapidité.

La phosphorescence de la mer peut résulter aussi d'une autre cause. Quand les matières animales se putréfient, elles deviennent quelquefois phosphorescentes. Le corps de certains poissons, quand il est en proie à la putréfaction, émet une lueur assez intense. MM. Becquerel et Breschet ont observé de beaux effets de phosphorescence produits par cette cause, dans les eaux de la Brenta, à Venise.

La matière animale en décomposition, provenant de poissons morts et qui surnagent à la surface des étangs, y produit quelquefois de larges taches huileuses qui, s'étalant sur le liquide, lui communiquent, jusqu'à une assez grande étendue, l'aspect phosphorescent.

Quelle qu'en soit d'ailleurs la cause locale, la coloration des eaux se retrouve dans certains fleuves, et a valu à ces cours



d'eau des noms tirés de cette circonstance même. Le *Guaïnia* au *Rio-Negro* est d'un brun foncé, qui ne nuit en rien à la limpidité de ses eaux. L'Orénoque et le Cassiquiare ont aussi une couleur brune; le Gange est d'un brun trouble, tandis que la Djumna, qu'il reçoit, est verte ou bleue. La couleur blanchâtre appartient au Rio-Blanco, ou *fleuve Blanc*, et à une foule d'autres rivières. L'Ohio, en Amérique, le Torjédale, le Goetha et la plupart des rivières norvégiennes, la Traun à Ischl, etc., sont d'un beau vert limpide. Le *fleuve Jaune* et le *fleuve Bleu*, en Chine, se distinguent par la teinte caractéristique de leurs eaux. L'Arkansas, le Red River, le Llobregat en Catalogne, sont remarquables par la couleur rouge qu'ils doivent à l'argile que leurs eaux tiennent en suspension.

L'eau de la mer est essentiellement *salée*, c'est-à-dire qu'elle renferme un grand nombre de sels minéraux et quelques autres composés qui lui donnent un goût désagréable et la rendent impropre aux usages économiques. On y trouve presque toutes les matières solubles qui existent sur le globe, mais principalement le chlorure de sodium, ou sel marin, les sulfates de magnésie, de potasse et de chaux. L'eau de mer contient plus de 3 0/0 de son poids de matières dissoutes. Voici d'ailleurs des analyses exactes de cette eau.

J'ai fait, en 1847, l'analyse chimique de l'eau de la mer, prise au Havre, à quelques lieues de la côte. Cette analyse a donné le résultat suivant, pour 1 litre d'eau :

	grammes.
Chlorure de sodium.....	25,704
— de magnésium.....	2,905
Sulfate de magnésie.....	2,462
— de chaux.....	1,210
— de potasse.....	0,094
Carbonate de chaux.....	0,132
Silicate de soude.....	0,017
Bromure de sodium.....	0,103
— de magnésium.....	0,030
Oxyde de fer, carbonate et phosphate de magnésie, oxyde de manganèse.....	} Traces.
Total.....	32,657 <sup>1</sup> .

1. *Examen comparatif des principales eaux minérales salines de France et*

L'eau de la Méditerranée est plus chargée de sels que celle de l'Océan. Voici, d'après M. Usiglio, chimiste attaché à l'exploitation des eaux mères des salines du midi de la France, la composition d'un litre d'eau de la Méditerranée :

	grammes.
Chlorure de sodium.....	29,524
— de potassium.....	0,405
— de magnésium.....	3,219
Sulfate de magnésie.....	2,477
Chlorure de calcium.....	6,080
Sulfate de chaux.....	1,557
Carbonate de chaux.....	0,114
Bromure de sodium.....	0,356
Peroxyde de fer.....	0,003
Total.....	43,735

On peut conclure de la quantité de sel marin contenue dans 1 litre d'eau de l'Océan, que la quantité de sel marin existant dans toutes les mers formerait, si on la supposait étalée sur le globe, une couche de plus de 10 mètres de hauteur.

La salure de l'eau de mer lui donne une densité plus grande que celle de l'eau douce ; son poids spécifique est, en moyenne, 1,027. La densité de l'eau de la Méditerranée est, selon M. Usiglio, de 1,025 à la température de  $+ 21^{\circ}$ . Mais la salure de la mer varie beaucoup sous l'influence d'une foule de circonstances locales. parmi lesquelles il faut compter surtout les courants, les vents qui favorisent l'évaporation, les fleuves qui descendent des continents, etc.

On a remarqué que la salure de la mer est moindre vers les pôles que sous l'équateur ; — qu'elle augmente, en général, avec l'éloignement de la terre et avec la profondeur de l'eau ; — que les mers intérieures, telles que la Baltique, la mer Noire, la mer Blanche, la mer de Marmara, la mer Jaune, sont moins salées que l'Océan. La Méditerranée fait exception à cette dernière règle : elle est, comme on vient de le voir, plus salée que l'Océan. On explique cette différence en admettant que la quantité d'eau douce que lui apportent les rivières est inférieure à celle qu'elle perd par l'évaporation. La Méditerranée doit donc augmenter de salure avec le temps, à moins qu'elle ne se décharge dans l'Océan par un contre-courant dirigé de

l'est à l'ouest, et qui régnerait sous le courant qui vient de l'Atlantique par le détroit de Gibraltar.

La mer Noire, dont les eaux n'ont qu'une densité de 1.013, reçoit au contraire, par les rivières, plus d'eau douce qu'elle n'en abandonne sous forme de vapeurs. La salure de cette mer intérieure n'est que la moitié de celle de l'Océan.

La mer d'Azow et la mer Caspienne sont encore moins salées que la mer Noire.

Nous réunissons dans le tableau suivant la composition de l'eau de ces trois mers intérieures.

POUR UN LITRE D'EAU.	MER NOIRE	MER D'AZOW	MER CASPIENNE
	Densité 1,013.	Densité 1,009.	Densité 1,005.
Chlorure de sodium . . . . .	14,0195	9,6583	3,6731
Chlorure de potassium . . . . .	9,1892	0,1279	0,0761
Chlorure de magnésium . . . . .	1,3045	0,8870	0,6324
Sulfate de magnésium . . . . .	1,4700	0,7642	1,2389
Sulfate de chaux . . . . .	0,1047	0,2879	0,4903
Bicarbonate de magnésium . . . . .	0,2086	0,1286	0,0129
Bicarbonate de chaux . . . . .	0,3646	0,0221	0,1705
Bromure de magnésium . . . . .	0,0052	0,0035	traces.
	17,6663	11,8795	6,2942

Dans les lacs fermés qui n'ont aucune issue, comme la mer Morte, le lac d'Arak, etc., le degré de la salure a considérablement augmenté. De nombreuses expériences ont établi que les eaux de la mer Morte sont six fois plus salées que celles de l'Océan. MM. Boutron et O. Henry ont analysé l'eau de la mer Morte, puisée après la saison des pluies, au mois d'avril 1850, à deux lieues environ de l'embouchure du Jourdain; sa densité était alors de 1,10. Un kilogramme de cette eau renfermait :

	grammes.
Chlorure de sodium . . . . .	110,03
— de potassium . . . . .	1,06
— de magnésium . . . . .	16,96
— de calcium . . . . .	6,80
Sulfates de soude, de magnésium et de chaux anhydre . . . . .	2,33
Carbonates terreux . . . . .	9,53
Silice et matière organique . . . . .	2,00
Bromure, azotate, oxyde de fer . . . . .	traces.
Total . . . . .	149,31

« Des échantillons de la même eau, ajoutent MM. Boutron et O. Henry, ont donné à l'analyse des nombres beaucoup plus considérables pour le poids du résidu salin laissé par l'évaporation. Ainsi Klaproth trouva, pour 1000 parties, un résidu de 426 parties; A. Marcet obtint 245,8; Lavoisier, Macquer et Sage, 433,75; Gay-Lussac, 462,4; le capitaine Lynch, 264,187. Ces résultats s'expliquent facilement en remarquant que la salure de la mer Morte doit nécessairement diminuer après la saison des pluies, pendant laquelle elle reçoit une grande quantité d'eau douce du Jourdain, et de plusieurs autres cours d'eau. »

De nouvelles analyses de l'eau de la mer Morte, puisée en avril 1862, près de l'embouchure du Jourdain, faites en 1863, par M. Roux, ont donné 200 grammes de sels par litre. Aucune eau minérale, si l'on en excepte celle du lac Salé d'Utah, n'est aussi chargée de substances salines. La quantité de bromure de magnésium est de 0<sup>es</sup>,35 par litre. L'eau de la mer Morte serait, d'après cela, le plus riche gisement naturel de bromures; elle pourrait fournir une source abondante de ces sels dont la médecine fait usage.

Les eaux du grand lac d'Utah et celles du lac Ourmiah en Perse offrent également une salure extraordinaire. Dans le lac Ourmiah, comme dans la mer Morte, la proportion des sels est six fois plus forte que dans celle de l'Océan; un homme y surnage, sans faire le plus léger mouvement.

Beaucoup de nos lacs d'eau douce étaient probablement salés à l'origine; ils ont peu à peu perdu leur salure par le mélange de leurs eaux avec celles des rivières qui les traversent. Parmi les lacs aujourd'hui complètement dessalés, on peut citer les grands lacs du Canada et la mer de Baïkal, où vivent encore aujourd'hui des phoques et d'autres animaux marins, qui se sont acclimatés dans l'eau, devenue graduellement douce. La mer elle-même est toujours peu salée à l'embouchure des grands fleuves, et, comme nous l'avons déjà dit, dans le voisinage des glaces polaires, dont la fonte fournit beaucoup d'eau douce.

La salure rend l'eau de mer plus propre à porter des vaisseaux, puisque sa densité s'accroît par les sels qu'elle tient en dissolution. En outre, ces sels doivent contribuer à empêcher ce que l'on nomme la *corruption de l'eau*, et qui n'est que la décomposition putride des matières organiques qu'elle peut renfermer.



D'après le tableau qui représente la composition de l'eau de l'Océan et de la Méditerranée, on voit que les sels de chaux, de potasse, l'iode et la silice n'y figurent qu'en proportions infinitésimales. Cependant la chaux et la silice contenues dans l'eau de la mer y jouent un rôle d'une très-grande importance, car ces quantités qui nous paraissent si faibles dans le tableau d'une analyse chimique rapportée à 1 litre d'eau, deviennent énormes dans la masse entière des océans. Les plantes marines s'emparent de la chaux, de la silice, de la potasse et des iodures dissous dans l'eau de la mer; elles font entrer dans leur texture ces matières minérales. C'est aux dépens du carbonate de chaux et de la silice dissous dans les eaux de la mer que les animaux marins forment leur test solide, leur coquille ou leur carapace. Les infusoires s'emparent, pour le même résultat, de la chaux, de la silice et de la potasse de ces eaux. C'est par suite de la vie des polypiers que s'édifient, au sein des mers, ces *îles à coraux*, qui ont toujours été un sujet d'étonnement pour l'observateur, et dont l'étude doit trouver place dans ce chapitre.

L'océan Pacifique et la mer des Indes sont parsemés d'îles en voie de formation, qui doivent leur origine aux polypiers et aux coraux. Ces zoophytes retirent des eaux de la mer la chaux et la silice qui s'y trouvent à l'état de sels solubles. Pour s'accroître et se développer, ils ont besoin d'être constamment baignés par les flots. Ils produisent sans cesse des dépôts calcaires; ces dépôts s'entassent rapidement, et finissent par s'élever jusqu'à fleur d'eau. C'est alors que les épaves et les débris de toute espèce que la mer charrie, arrêtés par ces masses émergées, retenues sur ces îlots naissants, s'y déposent et les recouvrent d'une couche de terreau fertile, sur lequel la végétation ne tarde pas à se développer, grâce aux semences que la mer et les oiseaux y transportent plus tard. C'est ainsi que se forment, dans l'océan Pacifique, les *îles à coraux*.

Ces îles sont ordinairement très-boisées. Il arrive presque toujours que les sommets des îlots de corail qui émergent simultanément autour d'un autre sommet sous-marin, se réunissent et forment un circuit annulaire, dont le centre est un petit lac, et dans lequel on trouve en grand nombre les coquillages qui produisent la perle et la nacre. Telles sont les

îles d'Oeno (fig. 162) et de Whitsunday (fig. 163) dans l'archipel de Pomotou, dont nous donnons deux vues, d'après le capitaine Beechey. Avec le temps, cette ceinture s'élargit latéralement ; les ouvertures qui donnaient accès aux lagunes intérieures se ferment, et quand le petit lac intérieur a été comblé ou s'est desséché, l'île prend peu à peu l'aspect des îles ordinaires. Les archipels des Maldives, des Chagos et des Laquedives, au sud de l'Inde, sont d'origine *madréporique*. Parmi ces îlots, que l'on désigne sous le nom d'*atolls*<sup>1</sup>, il en est de si récents que nos pères les ont vus naître.

Ces agrégations forment dans l'Océanie d'innombrables récifs.



Fig. 162. Îles à coraux. — Île d'Oeno, dans l'archipel Pomotou.

Les grandes îles de cet archipel de nouvelle formation s'entourent, par le travail lent des polypiers, d'une barrière de récifs, qui s'élève à une certaine distance de la côte, et en rend l'abord très-dangereux. La côte orientale de la Nouvelle-Hollande est garnie, entre 9° et 25° de latitude sud, d'une ceinture de cette espèce. Le banc de corail qu'on appelle la *Grande-Barrière* a une longueur de 1770 kilomètres et une largeur moyenne de 50 kilomètres, ce qui donne une surface de 88 000 kilomètres carrés.

Les murs construits par les polypiers sont toujours taillés à

1. Alfred Maury, *la Terre et l'homme*, in-8°, p. 118.

pic, et la mer offre souvent une grande profondeur au voisinage de ces îlots. Quelquefois le premier plateau est détruit et abaissé par l'action des eaux ; les polypiers recommencent alors leur édifice sur cette nouvelle base. L'île de Taïti repose sur un noyau volcanique dont le sommet s'élève à 2 kilomètres au-dessus de la mer.

M. Darwin a donné une description très-intéressante des *atolls* de la Sonde ; nous emprunterons au récit de ce voyageur quelques détails sur ces formations extraordinaires.

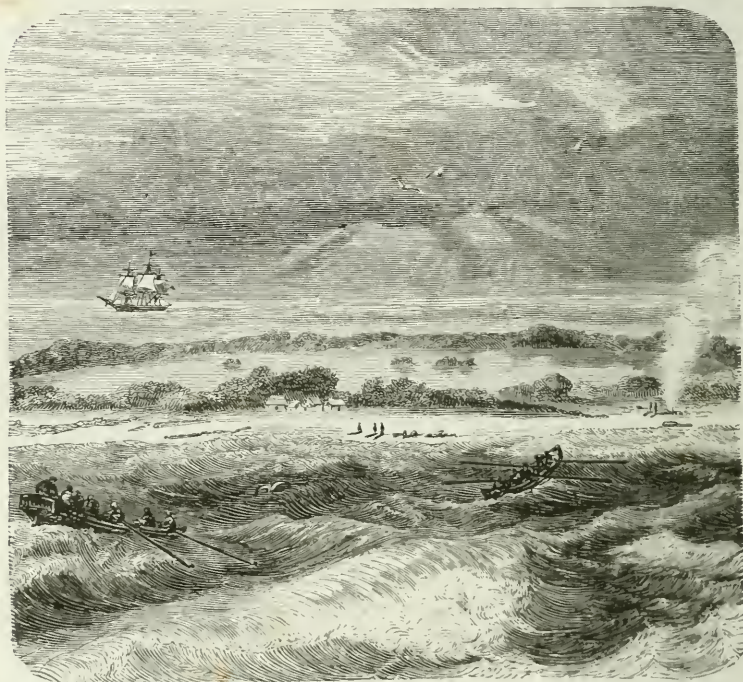


Fig. 163. Îles à coraux. — Île de Whitsunday, dans l'archipel Pomotou.

On croyait autrefois que la structure circulaire des récifs de corail était déterminée par d'anciens cratères volcaniques, sous lesquels les polypiers élevaient leurs édifices. Mais cette théorie est en désaccord avec les faits, et il semble en général difficile de croire à l'existence d'un soulèvement volcanique du sol comme base des formations madréporiques ; car les polypiers ne peuvent vivre au-dessous d'une faible profondeur



d'eau, et l'on ne saurait admettre que le fond de la mer ait pu s'exhausser partout jusqu'à ce niveau, partout uniforme. Il est donc plus probable que les fondations des îles à coraux ne sont que des élévations naturelles du fond de la mer, des montagnes submergées et peu distantes du niveau de l'eau ; les polypiers en prennent possession, pour y bâtir leurs édifices.

Ce qu'il y a de bien singulier, c'est que les barrières de corail qui bordent les côtes sont toujours séparées par un large canal, analogue aux lagunes des *atolls*, et large de 1 à 20 kilomètres. Un de ces récifs enclôt à la fois une douzaine d'îlots rocheux. A l'île de Borabora, la barrière s'est transformée en terre ; mais la ligne blanche d'énormes brisants, semés çà et là de petits îlots bas, couronnés de cocotiers, sépare le sombre océan de la placide surface du canal intérieur, dont les eaux limpides baignent des terres d'alluvion parées d'une végétation tropicale. Ce ruban diapré s'étend au pied des sauvages et abruptes montagnes du centre.

M. Darwin a exploré particulièrement en 1858 l'île Keeling, ou *île des Cocos*, au sud de Sumatra. C'est un cercle de récifs, couronné d'une guirlande d'îlots très-étroits, qui laissent au nord un passage aux vaisseaux. Dans l'intérieur du mouillage, l'eau est calme, transparente, et laisse voir son fond blanc et uni ; la lagune a plusieurs milles de largeur. M. Darwin accompagna le capitaine Fitz-Roy sur un îlot, au fond de la lagune, pour voir, du côté du vent, la mer se briser sur les récifs. Les cocotiers formaient des festons d'émeraudes se détachant sur la voûte azurée du ciel ; la marge plate de calcaire, semée de blocs épars, était baignée par les vagues écumeuses.

On rencontre encore dans l'eau de mer, à doses infinitésimales, il est vrai, des métaux, tels que le fer, le cuivre, le plomb et l'argent. Le vieux cuivre provenant du doublage des navires renferme quelquefois assez d'argent pour qu'on ait songé à l'en extraire<sup>1</sup>. Un calcul assez curieux basé sur l'âge des navires et sur le chemin qu'ils ont parcouru pendant tous leurs

1. J. Herschel, *Physical geography*, p. 22.



voyages, a montré que la totalité des eaux de la mer doit tenir en dissolution deux millions de tonnes d'argent <sup>1</sup>.

Il est une question que le vulgaire s'adresse, sans pouvoir y trouver de réponse satisfaisante, et d'ailleurs bien des savants ne sont pas plus heureux dans cette recherche. D'où provient le sel dissous en si grandes quantités dans l'eau de l'Océan? Quelle est, en d'autres termes, la cause de la salure de la mer?

On s'amuse quelquefois, et à grand tort, à satisfaire par de sottes réponses la curiosité de l'enfance. Né près des bords de la Méditerranée, ayant sans cesse sous les yeux son spectacle admirable, j'avais adressé, tout enfant, cette question à mon entourage. Des personnes prétendues raisonnables, trouvèrent plaisant de me dire que la mer était salée parce que des navires se chargeaient d'y jeter régulièrement de grandes pyramides de sel, semblables à celles que l'on voit entassées aux bords de nos salines. Il n'y a aucune irrévérence à dire que les théories que quelques savants ont présentées pour expliquer la salure des mers, ne valent pas mieux que la naïve explication dont on avait berné mon enfance. Pour quelques savants, en effet, le sel s'engendrerait spontanément au sein des mers; pour d'autres, les tributs des fleuves suffiraient à le fournir, etc. Si nos lecteurs veulent bien se reporter aux premières pages de notre livre *la Terre avant le déluge*, ils comprendront la très-simple explication géologique que nous allons donner, de l'origine des substances diverses dissoutes dans les eaux de la mer.

Aux premiers temps de notre planète, avant que les vapeurs d'eau contenues dans l'atmosphère primitive se fussent condensées et eussent commencé de tomber en pluies bouillantes sur le globe, l'écorce terrestre contenait une variété infinie de matières minérales hétérogènes, les unes solubles dans l'eau, les autres insolubles. Quand les pluies tombèrent pour la première fois sur la brûlante surface de notre planète, ces eaux se chargèrent de toutes les substances solubles; puis elles se

1. J. Herschel, *Physical geography*, donne les détails et les bases de ce calcul original.

réunirent et s'accumulèrent dans les grandes dépressions du sol. Voilà comment prirent naissance les mers du globe primitif, qui ne furent autre chose que les eaux pluviales rassemblées dans un vaste bassin et tenant en dissolution tout ce que la terre, lavée par ces pluies, avait pu leur céder. Le sel marin, les sulfates de soude, de magnésie, de potasse, de chaux, de la silice à l'état de silicate soluble, en un mot toutes les matières solubles que notre globe peut fournir, formaient le contingent minéral de ces eaux. Si l'on réfléchit maintenant que, depuis les temps géologiques jusqu'à nos jours, rien n'a changé dans les lois générales de la nature ; si l'on considère que les substances solubles contenues dans les eaux des mers primitives y sont restées parce qu'elles ne sont pas volatiles, et que l'eau douce des fleuves remplace constamment l'eau qui disparaît en vapeur du sein des océans, on aura l'explication de la salure de la mer. Théorie fort simple, on le voit, mais que nous n'avons trouvée formulée nulle part, et dont nous réclamons dès lors la responsabilité. Le chlorure de sodium n'est pas, en effet, la seule substance dissoute dans les eaux de la mer. Il y a dans l'eau de la mer, en même temps que le chlorure de sodium, une foule de substances minérales, et la salure de la mer ne doit pas s'entendre du *sel de cuisine* seul, mais de tous les *sels solubles* du globe. Nous avons déjà dit que l'on trouve dans les eaux de la mer, outre les sels, les métaux les plus divers à dose infinitésimale. C'est ce qui doit être nécessairement si l'on considère les substances salines de la mer comme le produit de la lixiviation générale du globe opérée dans les temps géologiques. Si le pédagogue Jacotot a pu dire : « Tout est dans tout, » nous pouvons dire, d'une façon plus concrète : « Tout ce qui est soluble est dans la mer. »

## II

### Profondeur des mers et configuration du fond de l'Océan. Température de la mer.

La configuration du fond de la mer nous est encore bien peu connue ; mais on peut supposer avec beaucoup de vraisemblance qu'elle ne diffère pas essentiellement de celle des continents. La mer n'est qu'un vaste continent submergé ; son bassin doit donc présenter des vallées, des plateaux et de hautes montagnes dont les sommets forment des îles. Si les eaux de la mer venaient à se retirer, on verrait d'abord augmenter le nombre des îles, et leurs contours s'élargir de plus en plus ; puis des langues de terre joindraient ces îles entre elles ; on verrait peu à peu apparaître des continents, dont les parties les plus basses retiendraient sous forme de lacs une partie des eaux. Tout l'hémisphère boréal, avec ses innombrables lacs, aujourd'hui dessalés, produit l'effet d'une terre abandonnée par les eaux, qui se seraient retirées vers le sud. Cette hypothèse est confirmée par l'énorme profondeur des mers australes : c'est dans l'hémisphère sud qu'est accumulée la grande masse des eaux du globe.

Les sondages exécutés jusqu'ici n'étant pas encore assez nombreux pour donner une idée exacte de la profondeur des océans, feu M. Adhémar a essayé d'y parvenir par voie d'induction, en partant de cette hypothèse, assez plausible, qu'une nappe d'eau est en général d'autant plus profonde qu'elle est plus large. En prenant pour unité la longueur des différents parallèles, M. Adhémar a cherché quelle est la fraction de ces cercles qui correspond à la surface liquide. Ce calcul donne les résultats suivants :

Latitude nord.	Fraction liquide.	Latitude sud.	Fraction liquide.
60°.....	0,353	0°.....	0,771
50°.....	0,407	10°.....	0,786
40°.....	0,527	20°.....	0,777

Latitude nord.	Fraction liquide.	Latitude sud.	Fraction liquide.
30°.....	0,536	30°.....	0,791
20°.....	0,677	40°.....	0,951
10°.....	0,710	50°.....	0,972
0°.....	0,771	60°.....	1,000

Les termes extrêmes, depuis 60 degrés jusqu'à 50, sont douteux à cause des glaces voisines du pôle; mais le tableau ci-dessus met en évidence l'accroissement régulier de la surface liquide en allant du nord vers le sud. Si donc la profondeur des eaux croissait avec leur étendue, elle augmenterait très-sensiblement vers le pôle austral. Il doit y avoir, en outre, un *thalweg*, ou ligne de plus grande dépression, dans le bassin de chacun des trois grands golfes formés par l'océan Atlantique, le Pacifique et la mer des Indes, et ces trois lignes, que M. Adhémar suppose à distance égale des deux rives de chaque océan, viennent se réunir en un point situé dans la grande glacière australe.

Tout porte donc à croire que la mer a une profondeur prodigieuse dans les parages voisins du pôle sud. Quelques sondages isolés confirmeraient cette opinion si l'on pouvait les considérer comme exacts. Le capitaine Ross a fait descendre le plomb, par 68 degrés de latitude sud, jusqu'à 4000 brasses (7300 mètres) sans atteindre le fond. Le capitaine Denham, du navire anglais *le Herald*, a annoncé le fond à 14 000 mètres dans l'océan Atlantique méridional; enfin, le lieutenant Parker, de la frégate américaine *le Congress*, ayant jeté la sonde dans les mêmes parages, fit filer 50 000 pieds anglais (15 240 mètres) de ligne, sans que rien lui indiquât que le fond eût été atteint.

Ces tentatives ont été faites avec des sondes adoptées uniformément dans la marine américaine. Chaque navire des États-Unis recevait, sur sa demande, une quantité de lignes longues de 10 000 brasses, et marquées toutes les cent brasses (183 mètres). On y attachait, en guise de plomb, des boulets de 32 ou de 68 livres, que l'on jetait d'un canot, en laissant la corde se dérouler d'elle-même; le dévidoir tournait avec facilité. Les expériences conduites de cette manière avaient rencontré beaucoup de difficultés, qu'il avait fallu vaincre avant qu'on pût obtenir les grandes sondes dont il vient d'être question. Malgré les précautions prises par les capitaines Denham et Parker, il n'est guère permis d'accepter leurs résultats, car on a reconnu



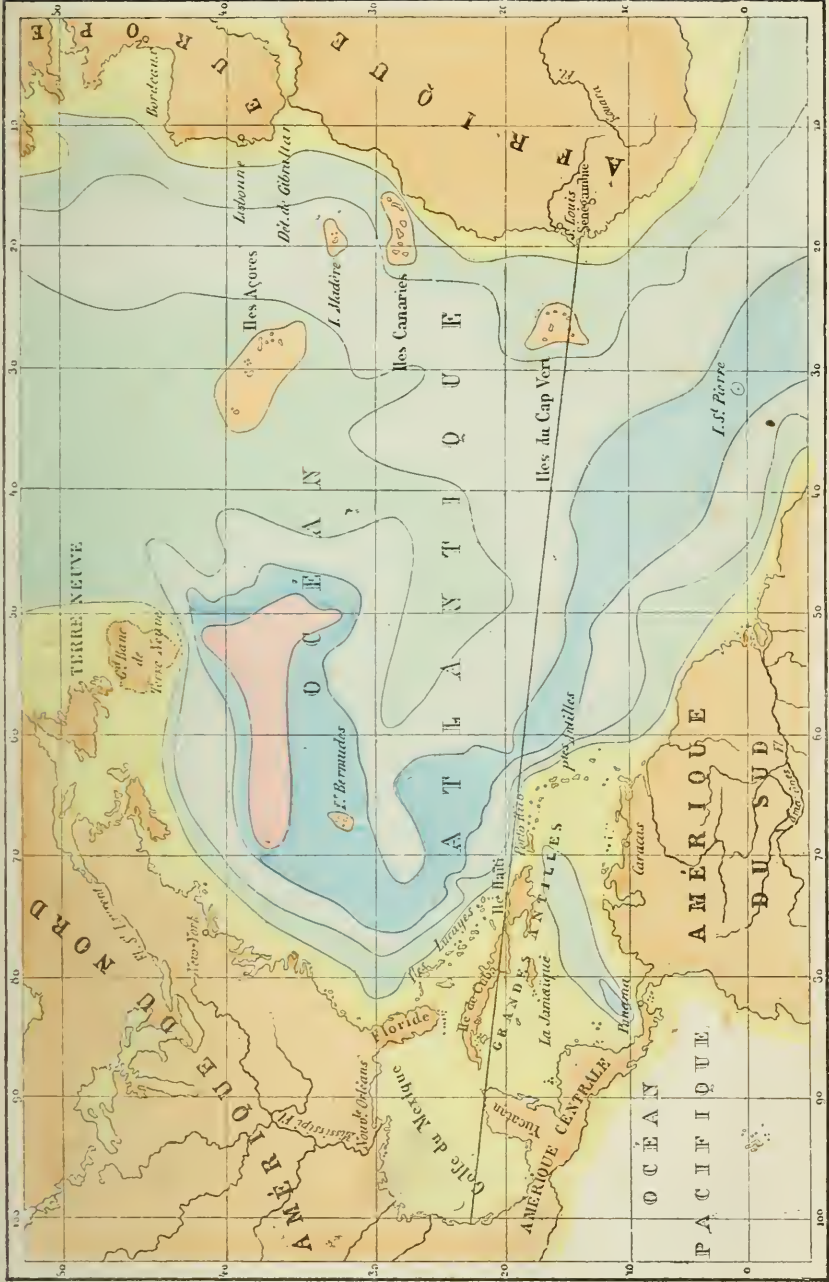
que la sonde continue de filer sous l'action des courants sous-marins lorsque le boulet a déjà atteint le fond.

On pourrait employer aujourd'hui avec quelque succès la sonde ordinaire, en corrigeant ses indications par la loi des vitesses de descente. De 400 à 500 brasses, la sonde met à descendre en moyenne 2 minutes 21 secondes ; de 1000 à 1100, 3 minutes 26 secondes ; de 1800 à 1900 brasses, 4 minutes 29 secondes, etc. La vitesse décroît par conséquent d'une manière assez régulière tant qu'elle est entraînée par le plomb. Quand sa vitesse devient tout d'un coup uniforme, on peut en conclure que le plomb a touché le fond et que la ligne file par l'effet d'un courant. On ne peut pas compter sur le choc du boulet contre le fond de la mer, car ce choc ne se transmet plus dans les grandes profondeurs. Le mouvement uniforme de la sonde est donc le seul indice certain que le fond des eaux est atteint ; et de plus la sonde ordinaire ne peut pas être ramenée d'une profondeur considérable.

Mais nous avons mieux aujourd'hui que la sonde à boulet simple, dont les résultats étaient si peu satisfaisants. Le lieutenant américain Brooke a inventé un ingénieux appareil de sondage, qui permet de rapporter à la surface des spécimens du fond de la mer. La ligne de sonde est attachée à une tige pesante, dont l'extrémité est creuse et enduite de suif, afin de retenir et de rapporter les échantillons du sol du fond de la mer. La tige traverse un boulet de canon percé, de part en part, d'un trou qui laisse aisément passer cette tige. Aussitôt que la tige a touché le fond, le boulet se dégage par un dé clic, et la sonde peut être retirée avec facilité. C'est ce que fait voir la figure 164. A représente la sonde avant qu'elle ait touché le fond, et B le boulet tombant par suite du choc de l'appareil contre le fond de la mer, qui provoque le *déclanchement* du fil de sonde, tombant par suite du changement de position du levier courbe *a*.

*La sonde de Brooke pour les grands fonds* a déjà donné de remarquables résultats. C'est son emploi qui a permis au lieutenant Maury, le célèbre directeur de l'Observatoire de Washington, de construire sa belle carte orographique du bassin de l'océan Atlantique, dont l'exactitude est probablement égale à celle des cartes qui représentent le relief de l'Afrique ou de l'Australie.

# CARTE FIGURATIVE DES PROFONDEURS DE L'OCEAN ATLANTIQUE



Les chiffres indiquent les profondeurs de la mer en brasses anglaises

- 0 à 1880 brasses. (1880m)
- 1000 à 2000 brasses. (3650m)
- 2000 à 3000 brasses. (5180m)
- 3000 à 4000 brasses. (7300m)
- plus de 4000 brasses.

Continents et îles.

Bancs de sable.

à 500 brasses. (1830m)

à 2000 brasses. (3650m)

à 3000 brasses. (5180m)

à 4000 brasses. (7300m)



M. Maury a publié plusieurs cartes de la profondeur de l'Atlantique. Nous représentons dans le tableau placé en regard de cette page la configuration de l'Atlantique jusqu'à 10° de latitude sud, non au moyen de chiffres, comme l'a fait M. Maury sur ses cartes, et comme on l'a fait à son imitation, mais par des teintes représentant des profondeurs de mer croissantes. La teinte *jaune*, le long des rivages, indique les profondeurs moindres que 1000 brasses (1830 mètres); la teinte *verte*, les

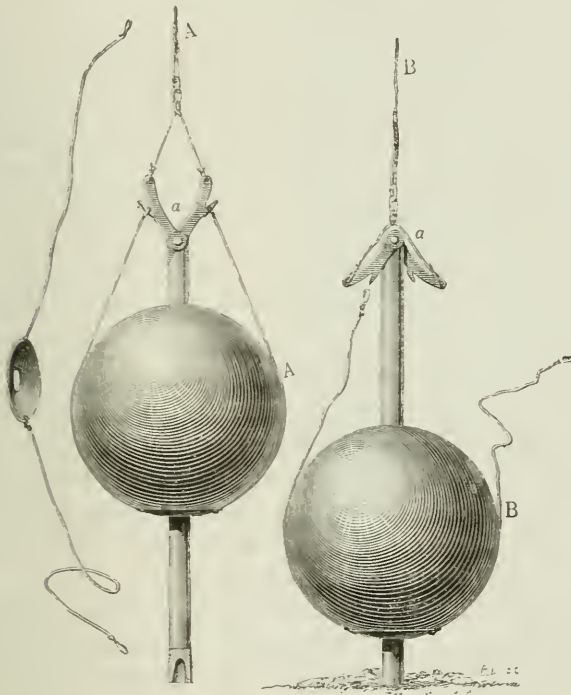


Fig. 164. Sonde de Brooke, d'après Maury.

fonds de 1000 à 2000 brasses (3650 mètres); la teinte *bleu clair*, les fonds de 2000 à 3000 brasses (5480 mètres); la teinte *bleu foncé*, les fonds de 3000 à 4000 brasses (7300 mètres); enfin la teinte *violet*, les fonds supérieurs à 4000 brasses.

Dans le sens de sa longueur, le bassin de l'Atlantique est, comme on le voit sur cette carte, une sorte de fossé, ou vaste sillon, qui sépare l'ancien monde du nouveau. Du sommet du Chimborazo au fond de cette immense vallée, la distance verti-



cale est d'environ 13 à 14 kilomètres; le point le plus bas est probablement entre les Bermudes et le banc de Terre-Neuve, mais sa profondeur est encore à déterminer.

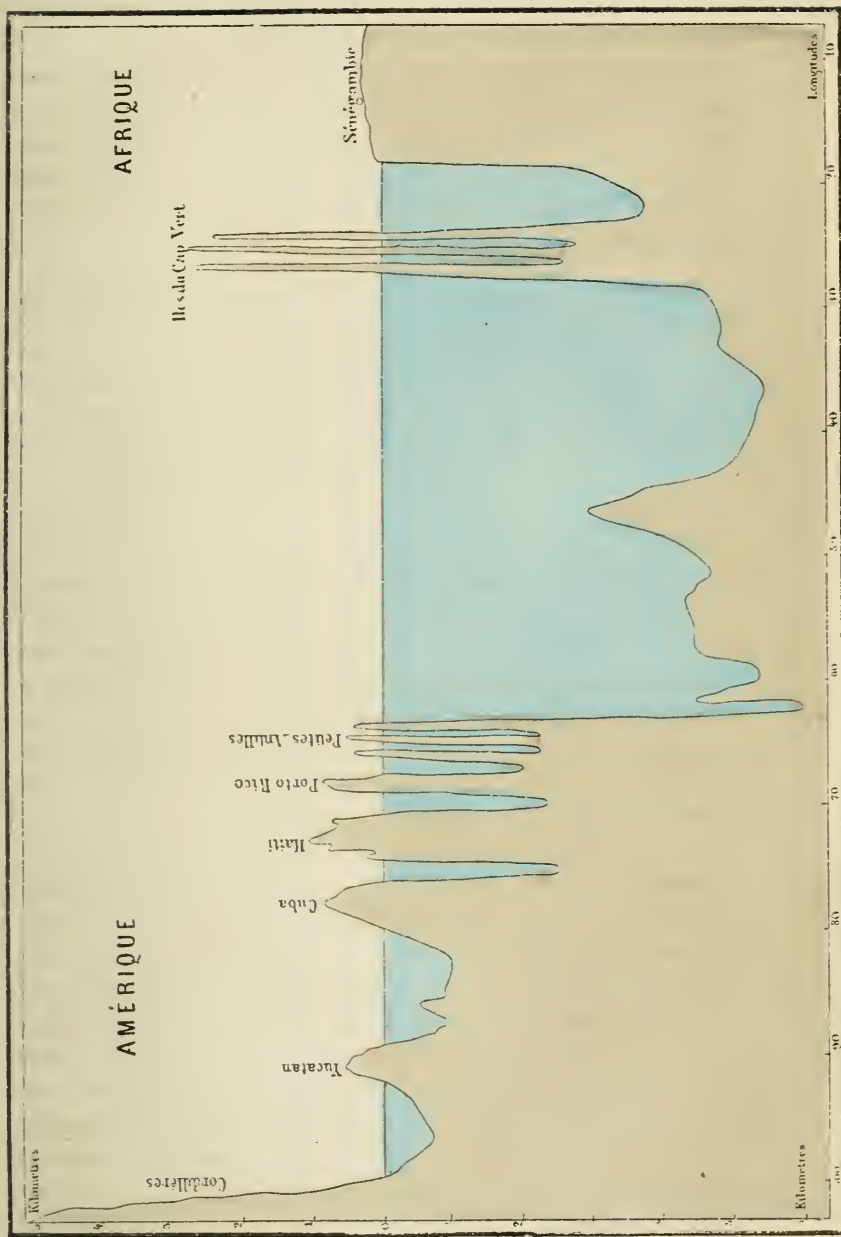
Nous représentons dans une seconde carte, par une coupe verticale, les mêmes profondeurs de l'Océan, vues en profil. Le plan de cette coupe de l'Océan depuis l'Amérique jusqu'au continent africain va du 4° au 6° degré de latitude. On a eu soin d'indiquer ce même trajet par une ligne noire oblique sur la carte coloriée qui précède celle-ci.

« Si les eaux se retiraient de cette entaille profonde qui sépare les continents, dit M. Maury dans sa *Géographie physique de la mer*, le squelette de la terre ferme serait en quelque sorte mis à nu. et parmi les lignes tourmentées du fond de la mer on découvrirait peut-être les restes d'innombrables naufrages. Alors apparaîtrait ce terrible mélange d'ossements humains, de débris de toutes sortes, d'ancres pesantes, de perles précieuses, dont l'image fantastique a troublé bien des songes. »

On demande quelquefois à quoi servent les sondages des grandes profondeurs? A cette question, on pourrait répondre, comme Franklin, à propos de la découverte des aérostats: « A quoi peut servir l'enfant qui vient de naître? » Chaque fait physique est intéressant par lui-même; il forme un jalon destiné à se réunir tôt ou tard à d'autres, pour nous conduire à quelque vérité utile. L'importance des grands sondages a déjà été justifiée par les indications qu'ils ont fournies pour la pose des câbles sous-marins, et notamment quand on a tenté, en 1858, l'immersion d'un câble transatlantique.

Au fond de l'Atlantique, il existe un plateau remarquable qui s'étend depuis le cap Race, à Terre-Neuve, jusqu'au cap Clear, en Irlande, sur une distance de 3000 kilomètres et une largeur de 700 kilomètres. Sa profondeur, tout le long de la route, est évaluée, en moyenne, à 3 ou 4 kilomètres. C'est sur ce *plateau télégraphique*, comme on l'a appelé, que le grand câble transatlantique fut déposé en 1858. La surface de ce plateau avait été explorée à différentes reprises, avec la *sonde de Brooke*. On constata ainsi que le fond de la mer s'y compose principalement de coquilles microscopiques calcaires (*Foraminifères*) et d'un petit nombre de coquilles siliceuses (*Diatomacées*). Ces coquilles délicates et fragiles qui, en couches épaisses, jonchent le fond de la mer, furent ramenées par la sonde dans

TABLEAU DE LA NATURE PAR LOUIS FIGUIER



COUPE VERTICALE DU BASSIN DE L'ATLANTIQUE

Gravé par Richard, Compagnie Fr.



un état de conservation parfaite, ce qui prouve que l'eau est remarquablement tranquille à ces profondeurs. L'échec que l'on éprouva, en 1858, dans la pose du câble télégraphique sous-marin transatlantique, n'est donc pas imputable à l'agitation des flots, mais seulement aux courants d'induction auxquels donnait naissance le rapprochement de l'armature métallique du câble composé de fils de fer et de fils de cuivre intérieurs, destinés à livrer passage au courant. Aussi a-t-on conseillé, quand on voudra renouveler le même essai, d'employer des câbles légers et sans armature métallique.

La première exploration du plateau télégraphique fut entreprise, en 1853, par le brick américain *le Dolphin*, qui jeta des sondes de 100 en 100 milles jusqu'à la côte d'Écosse. Il se dirigea ensuite vers les Açores, au nord desquelles on trouva le fond (calcaire et sable jaune) à 2000 mètres; au sud de Terre-Neuve, on trouva plus de 5 kilomètres de profondeur. En 1856, le lieutenant Berryman, du vapeur américain *Arctic*, compléta une ligne de sondages entre Saint-Jean (Terre-Neuve) et Valentia (Irlande), et en 1857, le lieutenant Dayman, du vapeur anglais *le Cyclope*, répéta les mêmes opérations. La carte placée en regard de la page suivante présente les résultats du sondage exécuté, en 1857, par le lieutenant Dayman, sur une ligne de route qui diffère un peu de celle qu'avait suivie le lieutenant Berryman l'année précédente. Les lignes verticales indiquent la profondeur de l'Océan entre l'Irlande (Valentia) et l'Amérique (Terre-Neuve).

Dans le golfe du Mexique, la profondeur ne semble pas atteindre 2 kilomètres. La mer Baltique est une des moins profondes du globe: son maximum ne dépasse pas 340 mètres. La profondeur de la Méditerranée est très-variable. A Nice, d'après Horace de Saussure, le fond est à 1 kilomètre. Entre la Dalmatie et l'embouchure du Pô on l'a trouvé à 44 mètres. Le capitaine Smyth a trouvé de 300 à 900 mètres dans le détroit de Gibraltar, et 1800 mètres entre Gibraltar et Ceuta, où sa largeur ne dépasse pas 22 kilomètres. Entre Rhodes et Alexandrie, la profondeur est de 3000 mètres; entre Alexandrie et Candie, de 3100; à 165 kilomètres à l'est de Malte, de 4600 mètres. La Méditerranée forme donc comme un immense entonnoir.



L'océan Arctique n'a probablement pas une grande profondeur. D'après le baron Wrangel, le fond de la mer glaciale, au nord de la Sibérie, s'abaisse en pente douce, et à une distance de 280 kilomètres on n'a encore trouvé que 25 à 30 mètres de fond. Mais dans la baie de Baffin M. Kane a fait un sondage de 3500 mètres.

Le relief du bassin de l'océan Pacifique nous est très-peu connu. Le plus grand fond observé dans cette mer par le lieutenant Brooke est de 2700 brasses anglaises (4940 mètres); il se trouve par 59° de latitude nord et 166° de longitude est. En appliquant la théorie des ondes aux vagues propagées de la côte du Japon à celle de la Californie, pendant le tremblement de terre du 23 décembre 1854, le professeur Baché a calculé que la profondeur moyenne de cette partie du Pacifique est de 4330 mètres.

Dans la *mer de Corail* (13° latitude sud, 160° longitude est), le lieutenant Brooke a ramené une sonde de près de 4 kilomètres. Une autre sonde de 7040 brasses (13 kilomètres), jetée dans la mer des Indes, n'a pu être ramenée avec des échantillons du fond. Dans les débris recueillis par la sonde dans la mer de Corail, on a remarqué l'absence des coquilles calcaires, tandis que les pointes siliceuses des éponges s'y trouvaient en grand nombre. D'autres sondes retirées de profondeurs variant entre 5 et 6 kilomètres, dans l'océan Pacifique, ont été examinées au microscope par M. Ehrenberg, qui y a découvert 135 formes différentes, parmi lesquelles 22 nouvelles. En général, la composition des Infusoires, au fond de l'Atlantique, est plutôt calcaire; au fond du Pacifique elle est siliceuse. Ces animalcules tirent des eaux de la mer les matières minérales, c'est-à-dire la chaux et la silice qui forment leur test. L'accumulation de ces coquilles après la mort des animaux finit par combler le fond de la mer. Ils construisent leurs habitations à la surface; lorsqu'ils meurent, ils tombent dans les profondeurs de l'abîme, où ces atomes, accumulés par myriades, finissent par former des montagnes et par couvrir les plaines. C'est même ainsi, pour le dire en passant, qu'ont pris naissance, aux temps géologiques, une grande partie des continents actuels, ces couches horizontales formées de dépôts marins, et que l'on nomme *terrains de sédiment*, parmi lesquels figurent surtout les ter-





rains crétacés et les assises de calcaires jurassique et tertiaire.

Le *niveau des mers* est, en général, le même partout. Il représente la surface sphérique de notre planète et sert de base aux évaluations de toutes les hauteurs terrestres. Cependant les golfes et les méditerranées ouvertes à l'est font une exception à cette règle; l'accumulation des eaux poussées dans ces réceptacles par le mouvement général de la mer de l'est à l'ouest peut déterminer une élévation plus grande de leur niveau.

On a longtemps admis, sur la foi de nivellements inexacts, que le niveau de la mer Rouge était plus élevé que celui de la Méditerranée. On a dit aussi que le niveau de l'océan Pacifique à Panama est de 1 mètre plus haut que le niveau moyen de l'Atlantique à Chagres, et qu'au moment de la haute mer, cette différence s'élève à 4 mètres, tandis que pendant la basse mer elle est de 2 mètres, et a lieu en sens inverse. L'erreur a été prouvée jusqu'à l'évidence en ce qui concerne la différence des niveaux de la mer Rouge et de la Méditerranée, et l'ouverture du canal de Suez en a fourni la preuve la plus convaincante. Il est probable qu'il y a eu aussi, en ce qui concerne les océans Pacifique et Atlantique, des erreurs de mesure.

La température moyenne à la surface de la mer est très-peu différente de celle de l'air, tant que des courants chauds ne viennent pas apporter leur influence perturbatrice. Dans les parages des tropiques, il paraît que la surface de l'eau est un peu plus chaude que l'air ambiant.

En déterminant la température de la mer, de la surface au fond, une loi très-curieuse a été mise en évidence. Dans les eaux très-profondes on rencontre partout la température uniforme de  $+ 4^{\circ}$ , qui correspond, comme la physique l'a établi, au maximum de densité de l'eau. Cette température existe sous l'équateur à partir de 2200 mètres de profondeur. Dans les régions polaires, où l'eau est plus froide à la surface, on rencontre cette même température de  $4^{\circ}$  depuis la profondeur de 1400 mètres. Les lignes isothermes de  $4^{\circ}$  forment la démarcation entre les zones où la surface de l'eau de la mer est plus froide, et celle où elle est plus chaude que la couche qui



possède 4°. C'est ce que rendra plus évident la figure suivante (fig. 165), qui représente une coupe méridienne de l'Océan. La courbe qui touche deux fois la surface indique les profondeurs où commence la température constante de + 4°.

Nous avons déjà expliqué pourquoi la température de l'Océan est beaucoup moins variable que celle de l'atmosphère.

Une particularité digne d'être rappelée, c'est le fait que l'eau est plus froide sur les hauts-fonds (ou *bas-fonds*, comme on dit aussi) et près des côtes qu'en pleine mer : observation dont

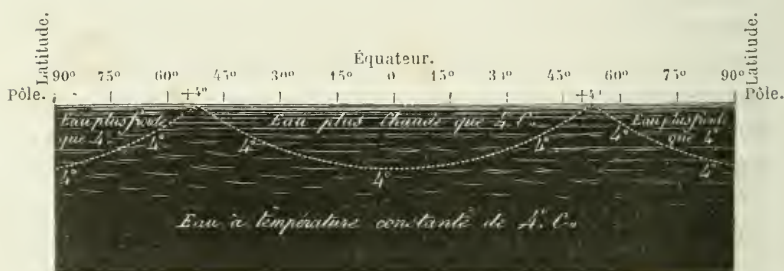


Fig. 165.

Profondeur à laquelle se trouve dans l'Océan la température invariable de + 4°.

on peut tirer parti pour rendre la navigation plus sûre. Alexandre de Humboldt explique ce phénomène en supposant que les eaux profondes remontent les pentes des bas-fonds, et vont se mêler aux couches supérieures. Des brouillards se forment fréquemment au-dessus de ces bancs de sable, parce que l'eau froide qui les couvre détermine une précipitation locale des vapeurs atmosphériques. Les contours de ces brouillards sont nets ; vus de loin, ils reproduisent la forme des bas-fonds et les accidents du sol sous-marin. De plus, on voit souvent des nuages s'arrêter au-dessus de ces points, que l'on peut alors relever de loin comme des pics de montagnes.

### III

#### Les courants de la mer.

Les courants océaniques dépendent du concours d'un grand nombre de causes, plus ou moins énergiques. Il faut citer, parmi ces causes : la durée et la force des vents ; la propagation successive de la marée autour du globe ; les variations de la densité des eaux suivant la température ; la profondeur et le degré de salure ; enfin les variations de la pression barométrique.

Les courants qui sillonnent la mer offrent un contraste frappant avec l'immobilité des eaux voisines ; ce sont des fleuves d'une largeur déterminée, dont les rives sont formées par les eaux en repos, et dont le cours est souvent très-visible, grâce à de longues bandes de varechs et autres plantes aquatiques qu'ils entraînent dans leur marche.

Pour bien comprendre l'origine de ces *fleuves pélagiques*, il est indispensable de considérer le régime des courants de l'atmosphère, en particulier celui des vents alizés. La différence de température entre les contrées équinoxiales et les contrées polaires engendre deux courants opposés : l'un supérieur, allant de l'équateur aux pôles ; l'autre inférieur, dirigé des pôles vers l'équateur. Parvenu à l'équateur, l'air froid du pôle s'échauffe et remonte dans les couches supérieures de l'atmosphère, d'où il est ramené vers son point de départ ; là, il se refroidit de nouveau et retourne, avec le courant inférieur, vers les régions tropicales, et ainsi de suite. Mais le mouvement de rotation de la terre modifie la direction de ces courants atmosphériques. La vitesse avec laquelle l'air est emporté de l'ouest à l'est, étant presque nulle aux pôles, mais très-grande sous l'équateur, il s'ensuit que l'air froid, à mesure qu'il s'avance vers les tropiques, doit rester à chaque pas un peu plus en arrière à l'ouest, ou, ce qui revient au même, tourner dans cette direction. Le courant froid qui vient du pôle s'infléchit donc vers l'occident,

et c'est ainsi que prennent naissance le vent *alizé nord-est*, qui domine dans l'hémisphère boréal, et le vent *alizé sud-est*, qui règne dans l'hémisphère opposé. De même, les courants supérieurs qui vont aux pôles avec des vitesses équatoriales, doivent devancer de plus en plus les couches atmosphériques douées d'une vitesse de rotation moindre, qu'ils rencontrent vers les pôles, et par suite, se tourner vers l'est; ce sont les vents *contre-alizés sud-ouest* et *nord-ouest*, qui règnent au-dessus des deux *alizés nord-est* et *sud-est*, et qui s'abattent souvent sur la mer aux latitudes des zones tempérées. Les deux *alizés* sont séparés l'un de l'autre par une bande plus ou moins large, où le frottement qu'ils éprouvent à la surface de la mer finit par neutraliser leur impulsion vers l'ouest; en général, le courant d'air n'y est dirigé que de bas en haut. Cette bande, qui ne coïncide pas exactement avec l'équateur, s'appelle la *zone des calmes*; on y observe souvent des tempêtes aériennes et des coups de vent dont la direction fait le tour du compas, ce qui leur a fait donner le nom de *tornados*.

Les vents alizés dont le mouvement vers l'ouest est retardé par la résistance de frottement que leur opposent les vagues de l'Océan, communiquent à celles-ci, par réaction, une tendance qui les pousse vers l'ouest, ou plus exactement, vers le sud-ouest dans l'hémisphère boréal, et vers le nord-ouest dans l'autre hémisphère. Les courants qui en résultent à la surface de l'eau se réunissent sous l'équateur, pour former le *grand courant équinoxial*, qui entraîne les eaux de l'orient à l'occident. Le mouvement est plus fort sur les bords qu'au milieu du courant, parce que la cause qui le produit y agit avec plus d'énergie; il en résulte que le courant se bifurque facilement lorsqu'il rencontre un obstacle à son mouvement. Dans l'Océan Atlantique, la bifurcation a lieu un peu au sud de l'équateur; la branche sud descend le long de la côte du Brésil, et revient probablement en remontant la côte ouest de l'Afrique. La branche nord suit les côtes du Brésil et de la Guyane, entre dans la mer des Antilles, et se dirige, renforcée par le courant qui arrive du nord-est, dans la baie de Honduras, traverse le canal de Yucatan, et entre dans le golfe du Mexique, d'où elle débouche par le canal de la Floride, sous le nom de *Gulfstream*, qui signifie courant du golfe.







« Il est un fleuve au sein de l'Océan. Dans les plus grandes sécheresses, jamais il ne tarit; dans les plus grandes crues, jamais il ne déborde. Ses rives et son lit sont des couches d'eaux froides entre lesquelles coulent à flots pressés des eaux tièdes et bleues. C'est le *Gulfstream*! Nulle part dans le monde il n'existe un courant aussi majestueux. Il est plus rapide que l'Amazone, plus impétueux que le Mississipi, et la masse de ces deux fleuves ne représente pas la millième partie du volume d'eau qu'il déplace. »

Telle est la description sommaire que le lieutenant Maury donne du puissant courant chaud qui parcourt certaines parties de l'océan Atlantique.

Le Gulfstream, à sa sortie du canal de la Floride, a une largeur de 55 kilomètres, une profondeur de 670 mètres, et une vitesse de 7 kilomètres  $\frac{1}{2}$  par heure; la température de ses eaux dans ces parages est de 30 degrés. Des rivages américains, le courant se dirige au nord-est, vers le Spitzberg; sa vitesse et son épaisseur diminuent en même temps qu'il s'étend en largeur. Vers 43 degrés de latitude, il se divise en deux bras, dont l'un va frapper les côtes d'Irlande et de Norvège, où il porte souvent des graines végétales venues des régions des tropiques: il réchauffe les eaux glacées de la mer boréale. L'autre bras s'infléchit non loin des Açores, vers le sud, et va rejoindre la côte d'Afrique, d'où il revient dans la mer des Antilles. Au milieu de ce vaste circuit, on voit se réunir les plantes, les bois de dérive, les épaves de toute espèce, charriés par l'Océan. C'est là que se trouve la *mer de Sargasses* ou de *Varechs*, cet immense banc de plantes marines (*Fucus natans*) dont l'imagination de Colomb fut si vivement frappée. Ces masses toujours verdoyantes servent d'asile à une multitude de Mollusques et de Crustacés. Les eaux mettent trois ans à parcourir le circuit océanique qui embrasse la *mer de Varechs*.

Sur la mappemonde placée en regard de cette page, on voit tracées la marche du Gulfstream et celle des autres courants dont nous allons donner la description.

Le Gulfstream joue un grand rôle dans le régime de l'Atlantique. Il porte les eaux chaudes des régions équinoxiales dans les hautes latitudes; au delà du 40° parallèle, il possède une température de 16 degrés. Poussées par les vents du sud-ouest, qui règnent dans cette zone, ses eaux tièdes vont se mêler à celles de la mer du Nord, et adoucir, dans ces parages, la ri-

gueur du climat. Au sud du banc de Terre-Neuve, il se rencontre avec les courants froids qui descendent du pôle arctique par la baie de Baffin et la mer du Groënland; là, une fraction de ces eaux remonte vers le pôle, le long de la côte occidentale du Groënland. C'est au conflit des eaux polaires et des eaux équatoriales que l'on attribue la formation du banc de Terre-Neuve. Les unes et les autres ayant déposé sans cesse, dans cette partie de la mer, les débris qu'elles charrient, ce banc de terre s'est ainsi formé peu à peu avec le concours des siècles.

La différence de température entre le Gulfstream et les eaux qu'il traverse engendre inévitablement des tempêtes et des *cyclônes*. Les découvertes modernes, qui ont fait si bien connaître la marche de ce courant d'eaux chaudes au sein de la mer, ont permis d'abrégier énormément les routes de navigation et d'éviter beaucoup de dangers qui autrefois menaçaient et anéantissaient les navires.

En 1780, un ouragan terrible (fig. 166) ravagea les Antilles, et coûta la vie à vingt mille personnes; l'Océan quitta son lit et inonda les villes; l'écorce des arbres, mêlée de débris sanglants, tourbillonnait dans l'air. Ce sont les trop nombreuses catastrophes de ce genre qui ont valu au Gulfstream le nom de *Roi de la tempête*. Mais, grâce aux nombreux documents nautiques qui ont été, de nos jours, réunis à l'Observatoire national de Washington par M. Redfield et le lieutenant Maury, on est parvenu à assigner la direction et la marche de ces épouvantables cyclônes que le Gulfstream engendre, qu'il porte dans ses flancs, ou qu'il attire et entraîne avec lui, par une irrésistible puissance.

L'exemple que nous allons citer fournira la meilleure preuve de l'utilité des travaux auxquels s'est livré le lieutenant Maury pour fixer la direction des tempêtes sur le trajet du Gulfstream.

Au mois de décembre 1853, le paquebot américain *le San-Francisco*, chargé d'un régiment à destination de la Californie, fut assailli, dans le Gulfstream, par un coup de vent qui le mit dans le plus lamentable état. Une seule lame qui balaya le pont, arracha sa mâture, anéantit la machine et emporta cent vingt-neuf personnes, officiers et soldats. Dès lors, le malheureux steamer flotta sur les eaux, triste épave abandonnée à la fureur des vents. Le lendemain du désastre, *le San-Francisco*



Fig. 166. L'ouragan des Antilles en 1780.





fut vu dans cette situation désespérée par un bâtiment qui se rendait à New-York; un autre navire le rencontra quelques jours après; mais ni l'un ni l'autre ne purent lui porter assistance, car ils avaient assez à faire de pourvoir à leur propre salut.

Dès que la nouvelle de cet événement fut parvenue à New-York, on disposa immédiatement deux avisos pour voler au secours du *San-Francisco*. Mais où devaient-ils se diriger? Quelle partie de la mer devaient-ils explorer? On fit alors appel aux lumières de l'Observatoire national de Washington, pour obtenir des instructions sur la route à suivre. L'espoir qu'on fondait sur la science de M. Maury ne devait pas être trompé. Après avoir examiné tous les renseignements qu'il possédait sur la direction et sur les limites du Gulfstream à ce moment de l'année, le célèbre hydrographe traça une carte sur laquelle il parvint à circonscrire la région dans laquelle le steamer désarmé avait dû être entraîné par le courant, et il précisa la ligne de route à faire suivre par les deux avisos envoyés à sa recherche.

L'équipage du *San-Francisco* fut sauvé avant l'arrivée des deux navires envoyés de New-York (fig. 167). Trois bâtiments qui les avaient aperçus en pleine mer se portèrent à leur secours. Les avisos envoyés de New-York n'arrivèrent donc que pour être témoins du sauvetage des passagers. Mais le point où l'on vit sombrer le steamer, peu après le sauvetage, était précisément celui que M. Maury avait assigné. Si un aviso était parti à temps de New-York, le triomphe de M. Maury eût été complet. On peut noter, du reste, que *le Kilby*, qui avait vu les naufragés le jour, et les avait perdus de vue pendant la nuit, sut les retrouver par un raisonnement analogue à celui de M. Maury, et arriver ainsi à temps pour sauver l'équipage.

Continuons l'examen des courants de la mer, dont l'ensemble est représenté sur la carte de la page 558.

Le courant équinoxial de l'océan Pacifique traverse le Grand Océan dans toute sa longueur; puis il se bifurque devant la côte d'Asie. Sa plus faible branche tourne au nord, où elle rencontre le courant polaire qui descend par le détroit de Behring, puis revient le long de la côte du Mexique. Sa branche la plus considérable s'infléchit vers le sud et con-

tourne l'Australie. Mais ici on rencontre un ou plusieurs contre-courants venant de la mer des Indes; ce sont ces courants si compliqués et si dangereux dont parlent Cook et la Peyrouse.

Les eaux froides du pôle antarctique sont portées vers l'équateur par trois grands fleuves océaniques. Le premier se bifurque par  $45^{\circ}$ ; une partie va doubler le cap Horn, l'autre (*le courant de Humboldt*) remonte le long de la côte du Chili jusqu'à l'équateur; il tempère le climat du Chili et du Pérou. Un deuxième grand courant se dirige vers le cap de Bonne-Espérance, où il se divise, pour remonter le long des côtes orientales et occidentales de l'Afrique.

Le courant polaire de l'océan Indien longe la côte d'Australie, tourne d'abord vers l'ouest, puis vers le sud, dans la direction de Madagascar; plus au sud, il est refoulé vers l'est par le courant polaire qui vient du côté du cap Horn. C'est ainsi que les eaux chaudes du golfe de Bengale, poussées par le courant polaire indien, circulent entre l'Afrique et la Nouvelle-Hollande. Une branche latérale de ce courant longe la côte sud de ce dernier continent.

Les *moussons* qui règnent dans la mer des Indes compliquent encore ce régime de courants déjà assez embrouillé, en y ajoutant des courants périodiques dont nous ne nous occuperons point ici.

Nous avons parlé, dans le chapitre précédent, à propos de la forte salure de la Méditerranée, d'un courant sous-marin qui doit porter les eaux de la Méditerranée dans l'Océan. Son existence résulte, en quelque sorte, d'un calcul par lequel on trouve que la quantité d'eau salée fournie par le courant supérieur du détroit de Gibraltar est de 12 myriamètres cubes par an, la quantité d'eau douce apportée par les fleuves de 1, et celle qui se perd en évaporation de 2 myriamètres cubes par an; de sorte qu'il y aurait un excès annuel de 11 myriamètres cubes si l'équilibre n'était pas rétabli par un écoulement sous-marin. Cette hypothèse paraît avoir été confirmée par un fait des plus curieux.

Vers la fin du dix-septième siècle, un brick hollandais, poursuivi et atteint, entre Tanger et Tarifa, par le corsaire français *le Phénix*, fut coulé par une seule bordée d'artillerie. Mais au



Fig. 167. Sauvetage du *San-Francisco* par le *Kilby* (1853).





lieu de sombrer sur place, le brick, grâce à son chargement d'huile et d'alcool, flotta entre deux eaux ; il dériva vers l'ouest, et finit par s'échouer, après deux ou trois jours, dans les environs de Tanger, à plus de douze milles du point où il avait disparu sous les flots. Il avait donc franchi cette distance, entraîné par l'action d'un courant inférieur, dans une direction opposée à celle du courant qui règne à la surface. Ce fait historique, joint à quelques expériences récentes, vient à l'appui de l'opinion qui admet l'existence d'un courant de sortie dans le détroit de Gibraltar.

Le lieutenant Maury regarde encore comme certain qu'il y a un contre-courant sous-marin au sud du cap Horn, qui porte dans l'océan Pacifique le trop-plein de l'Atlantique. En effet, l'Atlantique est sans cesse alimenté par de très-grands fleuves, tandis que le Pacifique, qui ne reçoit aucun fleuve important, doit, au contraire, subir une perte énorme par suite de la grande évaporation qui a lieu à sa surface.

Les lieutenants Walsh et Lee, de la marine américaine, ont fait des expériences intéressantes sur les courants inférieurs. Ils lestèrent un morceau de bois, pour le faire couler, mais en le retenant par une ligne de pêche, de manière à le laisser descendre à plusieurs centaines de brasses, à la volonté de l'expérimentateur. A l'autre extrémité de la ligne on attacha un baril vide, assez fort pour soutenir l'appareil ; puis on laissa tout aller du bord. Ce fut alors un spectacle vraiment extraordinaire de voir ce petit baril marcher contre le vent et la mer, à raison de 1 nœud et quelquefois davantage. Les hommes de l'équipage poussaient des exclamations de surprise en voyant tout cela fuir comme si un monstre marin s'en était emparé ; plusieurs manifestèrent même une certaine frayeur. La vitesse du baril était évidemment égale à la différence de vitesse des courants supérieur et inférieur.

En 1773, le navire du capitaine Deslandes mouillait dans les eaux du golfe de Guinée ; un fort courant qui entraînait dans cette baie l'empêchait d'aller plus au sud. Deslandes aperçut alors qu'il existait un contre-courant inférieur, à 15 brasses (24 mètres) de profondeur, et il en tira parti d'une manière ingénieuse. Une machine, offrant beaucoup de surface, fut descendue à la profondeur du courant sous-marin. Cette machine fut

entraînée avec assez de force pour remorquer le navire avec une vitesse de plus de 2 kilomètres à l'heure.

Dans la mer des Antilles, un bâtiment peut quelquefois s'amarrer, par le même moyen, au milieu d'un courant.

Dans le Sund, un double courant supérieur et inférieur a été constaté depuis très-longtemps.

## IV

### Les marées.

Les *marées* sont des mouvements périodiques de la mer provoqués par l'action attractive de la lune et du soleil, action qui s'exerce sur toute la masse de la terre et se manifeste par le mouvement d'intumescence des eaux. La force de la lune est environ triple de celle du soleil, parce que la lune est infiniment plus rapprochée de la terre que l'astre radieux.

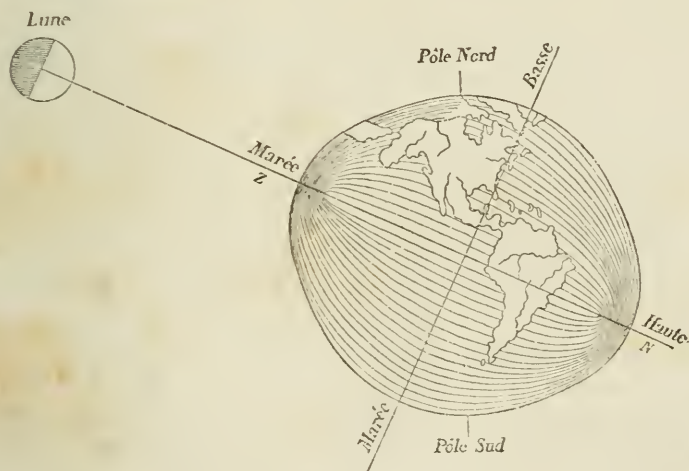


Fig. 168. Marée lunaire.

Pour donner la théorie des marées, nous considérerons d'abord les *marées lunaires*, en laissant de côté l'action du soleil.

L'attraction que la lune exerce sur un point quelconque de la terre est en raison inverse du carré de sa distance. Si l'on tire une ligne droite de la lune passant par le centre de la terre, cette ligne rencontrera la surface des eaux en deux points diamétralement opposés Z et N; l'un de ces points de la terre aura la lune au *zénith*, l'autre au *nadir*. Les points de la



mer qui ont la lune au *zénith*, c'est-à-dire ceux que la lune éclaire perpendiculairement, seront plus rapprochés de cet astre, et, par suite, plus fortement attirés que le centre du globe; et les points diamétralement opposés, ceux qui ont la lune au *nadir*, seront moins rapprochés et moins fortement attirés que le centre du globe. Par conséquent, les eaux situées directement sous la lune devront s'élever vers cet astre et former un renflement à la surface de l'Océan; les eaux situées aux antipodes, étant moins fortement attirées vers la lune que le centre du globe, resteront en arrière et formeront ainsi un second promontoire à la surface de la mer. De là une double *marée haute*, sous la lune et dans le point opposé du globe. Sur tout le pourtour intermédiaire, là où les eaux ne sont pas soumises à l'attraction directe de la lune, il y aura *marée basse*. C'est ce que représente la figure 168.

La terre, dans son mouvement de rotation, présente à la lune, dans l'espace de 24 heures, tous ses méridiens, qui se trouvent conséquemment tour à tour, et dans un intervalle de 6 heures, tantôt sous la lune, tantôt à 90° de cet astre. Il en résulte que dans l'espace d'un jour lunaire, c'est-à-dire dans le temps qui s'écoule entre deux passages consécutifs de la lune par un même méridien, les eaux de la mer s'élèveront deux fois et s'abaisseront deux fois dans tous les lieux de la terre. Mais l'effet de l'attraction ne s'exerce pas instantanément, et la lune s'éloigne du méridien avant que l'élévation des eaux soit complète; voilà pourquoi le flux n'arrive à son *maximum* qu'environ trois heures après la culmination de la lune. Le sommet de la montagne d'eau soulevée par le flot suit la lune tout autour du globe, de l'orient à l'occident.

Il est clair pourtant que les grandes inégalités du fond de la mer, la présence des continents, et la pente plus ou moins rapide de leurs côtes placées sous l'eau, la différente largeur des canaux et détroits, enfin les vents, les courants pélagiques et une foule d'autres circonstances locales, doivent profondément modifier la régularité de la marche des marées. En outre, la lune n'est pas le seul corps céleste qui agisse sur les eaux de la mer. Nous avons déjà dit que le soleil a aussi sa part dans ce phénomène, bien qu'elle ne soit que les 38 centièmes de celle de notre satellite, à cause de la grande distance du soleil

à la terre. L'inégalité qui existe entre les jours solaires et lunaires (ces derniers surpassent les premiers de 54 minutes) est cause que les influences des deux astres s'ajoutent ou se contrarient alternativement. Quand le soleil et la lune sont en *conjonction* (fig. 169) ou en opposition, c'est-à-dire placés sur une même ligne droite, leurs attractions sur la mer se combinent et produisent une marée très-forte; c'est ce qui arrive aux époques des *syzygies* (de la nouvelle et de la pleine lune). Aux époques des *quadratures* (du premier et du dernier quartier) l'action solaire tend à produire une marée basse là où la lune veut élever les eaux, et réciproquement; le résultat est donc une marée lunaire sensiblement affaiblie.

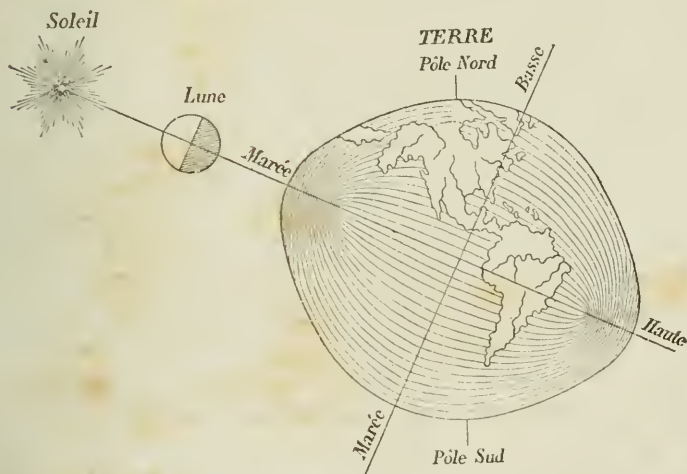


Fig. 169. Marée luni-solaire.

Tous ces effets ne se produisent pas instantanément, mais les impulsions données continuent d'agir et n'aboutissent qu'un ou deux jours après. La plus grande et la plus petite marée sont entre elles à peu près dans le rapport de 138 à 62, ou de 7 à 3. Les plus fortes marées arrivent aux équinoxes, quand la lune est périgée; les plus faibles aux solstices, quand elle est apogée. Et plus la mer s'élève quand elle est pleine, plus elle descend quand elle devient basse. Dans nos ports, la mer s'avance donc deux fois par jour; on dit alors que la mer est *haute* ou *pleine*, et le phénomène se nomme le *flot* ou le *flux*; elle recule deux fois, ou devient *basse*: c'est le *jusant* ou *reflux*.

La marée retarde chaque jour d'environ 50 minutes sur le temps des horloges, parce que le jour lunaire est de 24 heures 50 minutes de temps moyen. Si, par exemple, une marée arrive aujourd'hui à 2 heures du matin, celle de demain aura lieu à 2 heures 50 minutes. La basse mer intermédiaire ne tient pas le milieu entre ces deux pleines mers. On a observé que la mer n'emploie pas le même temps à monter et à descendre. Ainsi, au Havre et à Boulogne, elle met 2 heures et 8 minutes de plus à descendre ; à Brest, la différence est seulement de 16 minutes.

Le retard de la pleine mer sur le passage de la lune au méridien, à l'époque des équinoxes, est une quantité constante pour une même localité, et qui doit être déterminée par l'observation directe : on l'appelle *l'établissement du port*. Ce nombre permet de calculer l'heure de la pleine mer pour tous les jours de l'année.

On trouve les *établissements des ports* français dans le recueil astronomique et nautique qui porte le nom de *Connaissance des temps*. L'établissement de Gibraltar est zéro ; celui de Rotterdam, 3 heures ; celui de Lorient, 3 heures 32 minutes ; de Saint-Malo, 6 heures 10 minutes ; de Cherbourg, 7 heures 58 minutes ; de Dunkerque, 12 heures 13 minutes, etc. On peut dire aussi que l'établissement est l'heure de la pleine mer, les jours de la nouvelle et pleine lune, car alors la lune passe au méridien à midi ou à minuit. On voit que cette quantité change beaucoup d'un port à l'autre.

La hauteur des marées varie dans les différentes régions du globe, selon les circonstances locales. Les côtes orientales de l'Asie et les côtes occidentales de l'Europe sont exposées à des marées extrêmement fortes ; tandis que dans les îles de la mer du Sud, où elles sont très-régulières, elles ne dépassent guère la hauteur de 50 centimètres. Sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud, les marées atteignent rarement 3 mètres ; sur la côte occidentale de l'Inde, elles s'élèvent à 6 ou 7, et dans le golfe de Cambaye à plus de 10 mètres. Cette grande différence se fait encore sentir dans les contrées très-voisines ; ainsi, une marée qui, à Cherbourg, atteint 6 ou 7 mètres, monte à 13 mètres au port de Saint-Malo ; quand elle s'élève de 9 mètres à l'embouchure du canal de Bristol (à Swansea), elle





Fig. 170. Grande marée d'équinoxe, au Havre.





monte du double à Chepstow, plus avant dans le canal; et en général, la marée monte beaucoup plus haut dans le fond d'un golfe qu'à son entrée.

Nous représentons dans la figure 170 l'effet de la mer pendant une des grandes marées de nos côtes : celle du Havre, qui se produit à l'époque des équinoxes.

La plus haute marée que l'on connaisse s'observe dans la baie de Fundy, qui s'ouvre au sud de l'isthme joignant la Nouvelle-Écosse au Nouveau-Brunswick; la pleine mer y monte à 20 et même à 30 mètres, tandis qu'elle n'atteint que 2 mètres et demi dans la baie Verte, au nord du même isthme. On raconte que dans la baie de Fundy un navire fut déposé par le flot pendant la nuit sur un rocher assez élevé; si bien qu'à la pointe du jour l'équipage se vit suspendu en l'air, au-dessus de l'eau.

Dans les méditerranées qui ne communiquent avec l'Océan que par un étroit canal, le phénomène des marées se fait très-peu sentir, et voici pour quelle cause. La lune agit en même temps sur toutes les parties de ces mers, et leurs eaux ne sont pas assez abondantes pour venir grossir le promontoire formé par l'attraction de notre satellite; l'intumescence reste donc peu prononcée. Voilà pourquoi la mer Blanche et la mer Noire ne présentent pas de marées, et la Méditerranée seulement des marées insignifiantes. Cependant à Alexandrie on observe des marées d'un demi-mètre; à Venise, elles atteignent quelquefois 2 mètres. Nous avons déjà dit que le lac Michigan offre une faible marée lunaire, et nous avons parlé avec détail de la propagation des marées dans les embouchures des fleuves, où elles produisent le phénomène du *mascaret* et de la *barre*.

M. Whewell a dressé des cartes qui indiquent la marche des marées dans les mers du globe. On y voit que la vague du flux parcourt l'Atlantique depuis 50° de latitude sud jusqu'à 50° de latitude nord, en 12 heures, avec une vitesse de plus de 900 kilomètres à l'heure. Mais la vitesse de propagation est moindre dans le point où la mer est peu profonde, comme aux environs de Sainte-Hélène. Dans la mer du Nord, la vitesse n'est plus que de 280 kilomètres par heure. La vague de haute mer qui contourne le nord de l'Écosse, traverse la mer d'Allemagne et se rencontre dans le canal de Saint-Georges, entre l'Angleterre

et l'Irlande, avec la vague de la marée suivante; le conflit de ces deux flots opposés produit des phénomènes d'interférence assez compliqués; il y a même un point où la marée est entièrement annulée.

Les vents exercent une grande influence sur la hauteur des marées. Quand ils s'ajoutent à l'impulsion donnée par l'astre attirant, ils peuvent considérablement accroître l'élévation normale de la pleine mer; s'ils sont contraires, ils peuvent en-



Fig. 171. Effet du ressac à la pointe du Raz (Finistère).

tièrement anéantir le flux. C'est ce qui arrive dans le golfe de Vera-Cruz, où l'on ne voit quelquefois qu'une marée en trois jours lorsque le vent souffle avec violence. On observe à la côte de Van-Dièmen un phénomène analogue.

La marée montante frappe parfois sur le rivage d'une manière continue et avec une incroyable force. Ce choc violent s'appelle le *ressac*. La houle forme alors dans la mer des lames pressées qui s'étendent jusqu'à 1 kilomètre. Le ressac

augmente à mesure qu'il avance vers la côte; lorsqu'il atteint une hauteur de 6 ou 7 mètres, il forme une montagne d'eau qui surplombe et s'affaisse en roulant sur elle-même. Mais ce mouvement n'est pas, en réalité, progressif, il ne transporte pas les corps flottants. Le ressac est très-fort à l'île de Fogo (une des îles du Cap-Vert), et dans l'Inde et à Sumatra, où on l'appelle *surf*. Il rend l'approche des côtes dangereuse et quelquefois impossible.

La figure 171 représente l'effet d'un ressac à la *Pointe du Raz*, sur la côte de Bretagne (département du Finistère).



Fig. 172. Hauteur d'une vague au cap de Bonne-Espérance.

Les coups de vent s'ajoutant à l'effet précédent font naître à la surface de la mer des ondes ou des flots qui grossissent rapidement, s'élèvent en montagnes écumantes, roulent, bondissent, et se brisent l'un contre l'autre.

« Dans un moment, dit Malte-Brun, les flots semblent porter les déesses de la mer, qui viennent s'égayer par des jeux et des danses; dans l'instant prochain, une tempête fond sur eux et les anime de sa fureur; ils semblent se gonfler de colère, on croit voir les monstres marins qui se livrent la guerre. Un vent fort, constant et égal, produit dans la mer des *lames* ou de longues rides d'eau qui s'élèvent comme sur le même front, marchent d'un mouvement uniforme, et, l'une après l'autre,



tre, viennent se précipiter sur le rivage. Quelquefois les lames suspendues par un coup de vent, ou arrêtées par un courant, forment comme une muraille liquide. Malheur au téméraire navigateur qui s'en approcherait ! »

Les plus hautes vagues connues sont celles qui règnent à l'époque des grandes marées, au large du cap de Bonne-Espérance, sous l'influence d'un fort vent de nord-ouest, qui traverse l'Atlantique méridional et pousse l'eau vers le cap. Ces

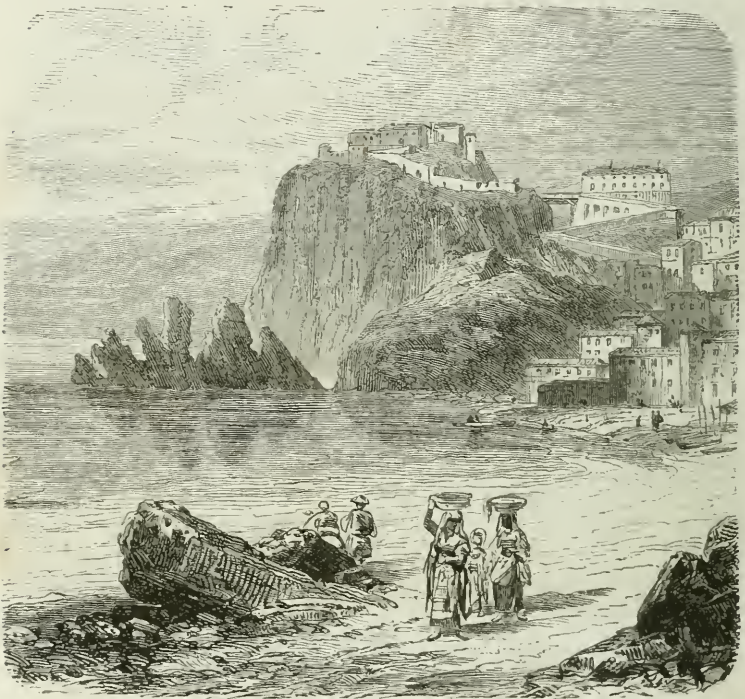


Fig. 173. Vue de Seylla (détroit de Messine).

ondes atteignent 12 mètres de hauteur. Une pareille montagne placée entre deux navires déroberait à chacun de ces navires la vue de l'autre. La figure 172 représente un de ces effets de vague au cap de Bonne-Espérance.

Au large du cap Horn, il se forme des vagues de 10 mètres ; dans nos mers elles atteignent rarement 3 mètres d'après quelques auteurs, ou 6 d'après d'autres.

Une vague née sous l'influence d'un vent violent exerce une



Fig. 174. Ras de marée à l'île Bourbon, en 1816.

LEPRETON



pression de 30 000 kilomètres par mètre carré. Quand la mer est agitée, on a vu les flots s'élançer au-dessus du phare d'Edystone, à 46 mètres de hauteur, et retomber en cataracte sur son toit. Après l'ouragan de la Barbade, en 1780, on trouva sur la plage de vieux canons que la puissance des vagues avait transportés du fond de la mer sur le rivage.

Si les vagues poussées par le reflux rencontrent des obstacles, il se forme des *tourbillons* et des *gouffres*, l'effroi des navigateurs. Tels sont les tourbillons du détroit de Messine qui sont placés sur les écueils de Charybde et de Scylla, célèbres dans l'antiquité, et qui ont été chantés par Homère, Ovide et Virgile :

*Scylla latus dextrum, lævum irrequieta Charybdis  
Infestat : vorat hæc raptas revomitque carinas.  
.... Incidit in Scyllam, cupiens vitare Charybdim.*

Ces écueils sont moins redoutés aujourd'hui. Il existe à Charybde ou Galofaro, un gouffre bouillonnant; à Scylla, l'eau frappe et s'élance contre la paroi du rocher qui forme l'écueil (fig. 173).

Un autre tourbillon célèbre est celui d'Euripe, près de l'île d'Eubée. Les *tornados*, que l'on connaît dans les mers de Chine et du Japon, et qui sont assez violents pour engloutir des vaisseaux, appartiennent à la même catégorie. On en a observé aussi dans le golfe de Bothnie. Ces tournants submergent les navires et les brisent contre les rochers.

La côte de Norvège est découpée en *fjords*, ou petits golfes, et hérissée d'écueils, autour desquels il se forme souvent des tourbillons. Le plus célèbre de ces écueils est le *Malströem*; les eaux ont en ce point un mouvement giratoire qui change de six en six heures. Ce tourbillon entraîne et engloutit des navires.

C'est à l'effet combiné des marées et des tourbillons qu'il faut attribuer le terrible phénomène du *ras de marée*, si redouté des navigateurs. Par le temps le plus calme, et sans un souffle d'air, on voit quelquefois sur les côtes se propager une série de lames profondes et tourbillonnantes qui semblent pour ainsi dire déraciner les vaisseaux, car elles les saisissent par la quille, les font pirouetter sur leur axe et les renversent. La figure 174 représente un *ras de marée* qui bouleversa, en 1846, les navires en rade de l'île Bourbon.



## V

### Les mers polaires.

Les colonnes d'Hercule du monde connu sont les monts Parry, situés à 8 degrés du pôle nord de la terre, et les monts Ross, à 12 degrés du pôle sud. Nos cartes de géographie sont muettes au delà de ces deux limites : un espace blanc y marque l'emplacement de chaque extrémité de l'axe terrestre. L'homme réussira-t-il à franchir ces barrières glacées? Justifiera-t-il cette prédiction du poète tragique Sénèque :

..... Venient annis  
Sæcula seris quibus Oceanus  
Vincula rerum laxet, et ingens  
Pateat tellus, Tethysque novos  
Detegat orbès, nec sit terris  
Ultima Thule<sup>1</sup>.....

Nul ne peut le dire. Chaque pas que nous avons fait pour nous rapprocher des pôles a été chèrement payé; et ce n'est pas sans raison que les navigateurs ont donné à la pointe sud du Groënland le nom mélancolique de *cap des Adieux* (cap *Farewell*).

On estime à cent trente le nombre des expéditions, pour la plupart anglaises, qui ont exploré les mers glaciales. Une vingtaine de ces expéditions avaient pour mission de connaître le sort du navigateur Franklin; elles ont coûté plus de vingt millions de francs.

Nous allons tracer rapidement le tableau des principales découvertes géographiques faites, à diverses époques, dans les régions glaciales de deux pôles.

Le premier navigateur qui ait pénétré dans les contrées polaires arctiques fut Sébastien Cabot, qui, en 1498, cherchait

1. L'époque viendra, dans un avenir bien éloigné, où l'Océan relâchera les liens du monde, où l'immense terre sera ouverte, où Téthys laissera apparaître des orbès nouveaux, et où Thulé (l'Islande) ne sera plus l'extrême limite des terres. (Trajiques de Sénèque. *Médée*, acte II, vers 376.)





un passage au nord-ouest, pour aller de l'Europe en Chine et aux Indes. Pour cette époque, et avec les moyens dont la navigation pouvait disposer, c'était là une tentative des plus hardies. La tradition scandinave attribue la même entreprise au fils du roi Rodian qui vivait au septième siècle, au Norvégien Osher (873), aux princes Harold et Magnus (1150).

Sébastien Cabot parvint jusque dans la baie d'Hudson; mais la mutinerie de ses matelots le força à rebrousser chemin.

En 1500, Gaspard de Cortereal découvrit le Labrador; en 1553, sir Hugh Willoughby la Nouvelle-Zemble, et Chancellor la mer Blanche. Davis visita, en 1585, la côte occidentale du Groënland, et trouva, deux ans plus tard, le détroit qui porte son nom. Barentz découvrit, en 1596, le Spitzberg, que le capitaine Henry Hudson reconnut, en 1607, jusqu'au delà du 82<sup>e</sup> parallèle. Hudson attacha, trois ans plus tard, son nom à la grande baie de Labrador, mais il n'alla pas plus loin. Son équipage s'étant révolté, il fut abandonné dans une chaloupe, avec son fils, sept matelots et le charpentier qui lui étaient restés fidèles. C'est ainsi que périt ce grand navigateur.

L'île de Jean-Mayen fut découverte en 1611; la *manche* que Baffin prit pour une *baie*, et qui porte son nom (*baie de Baffin*), fut découverte en 1616. Behring vit, dans son premier voyage de 1727, le détroit qui sépare la Sibérie de l'Amérique; il le franchit en 1741, mais son navire échoua, et lui-même mourut du scorbut dans ces parages.

Découverte dès l'année 1771, par un marchand de fourrures, Hearne, la mer Polaire fut explorée longtemps après, par Mackensie.

Depuis l'année 1810, où John Ross, Franklin et Parry reprirent le chemin des mers arctiques, les expéditions dans les régions polaires du nord se sont rapidement succédé. En 1827, Parry poussa jusqu'au 82<sup>e</sup> degré de latitude. Sir John Franklin, qui partit en 1845 avec *l'Érèbe* et *la Terror*, périt misérablement avec son équipage, après avoir découvert le passage du nord-ouest, que le capitaine Mac-Clure trouva, à son tour, en 1850, en venant du côté opposé. En 1855, l'expédition du docteur Kane aperçut la mer libre du pôle arctique <sup>1</sup>.

1. Cadet, de Metz, dans une curieuse brochure intitulée : *Direction des glaces*



Donnons, pour le pôle antarctique, le même résumé des découvertes géographiques faites dans les temps modernes.

En 1772, le capitaine hollandais Kerguelen découvrait une île qu'il prit pour un continent. En 1774, le capitaine Cook explora ces régions jusqu'au 71° degré de latitude. James Weddell dépassa ce point en 1823. Bristow découvrit, en 1831, la terre d'Enderby. *La Zélée* et *l'Astrolabe*, commandés par le marin français Dumont d'Urville, et d'autre part une expédition américaine, sous les ordres de Wilkes, arrivèrent dans les mêmes parages en 1838. Dumont d'Urville découvrit alors la *terre Adélie*. Enfin, en 1841, sir James Clark Ross, neveu de John Ross, pénétra avec *l'Érèbe* et la *Terror* jusqu'au 78° degré de latitude australe. Il y vit les volcans auxquels il a donné le nom de ses deux vaisseaux, et découvrit une nouvelle terre qu'il appela *Victoria*.

Nous reviendrons plus loin sur ces divers voyages. Mais il est nécessaire de jeter auparavant un coup d'œil sur les phénomènes généraux que présentent les mers glaciales, considérées à l'un et à l'autre pôle

*Mers polaires en général.* — On peut dire que les contrées polaires forment une transition entre la mer et les continents, car l'eau s'y présente toujours à l'état solide. Dans ces régions, la surface de l'eau se trouvant, pendant la plus grande partie de l'année, à une température très-basse, la neige qui tombe ne fond point, et la mer se couvre ainsi, tantôt d'une nappe continue de glace, tantôt d'énormes glaçons flottants, qui vont à la dérive des courants. La rencontre des masses considérables de glaces flottantes qui couvrent ces mers fait le grand danger de la navigation polaire.

Le baleinier Scoresby a donné une description très-détaillée des différentes espèces de glaces qu'on rencontre dans la mer arctique. Scoresby nomme *icefield* ce que nous appelons, en français, *banquise* ou *champ de glace*. C'est une étendue d'eau soli-

imprimée à Paris en 1824, donne un tableau des latitudes boréales auxquelles les navigateurs se seraient élevés. L'auteur parle d'un Jos. Moxon et d'un Hollandais qui, en 1642, auraient fait le tour du pôle, à 2° de distance, et y auraient trouvé une mer libre, où la température était celle d'Amsterdam. Nous renvoyons à cet écrit pour d'autres particularités singulières.



Fig. 175. Banquise du pôle arctique.



difiée dont l'œil ne peut apercevoir les limites. On a vu des champs de glace de 35 lieues de longueur sur 10 de largeur, et d'une épaisseur de 15 mètres. Mais ordinairement les *banquises* ne s'élèvent que de 1 ou 2 mètres au-dessus de l'eau, et s'enfoncent à environ 6 mètres au-dessous (fig. 175).

Scoresby a vu des banquises se former en pleine mer. Quand les premiers cristaux apparaissent, la surface de l'Océan ressemble à celle d'une eau assez froide pour empêcher la fusion de la neige qui tombe à sa surface. Aux approches de la congélation, la mer s'apaise tout à coup, comme si elle était recouverte d'huile. Les petits glaçons qui se sont formés se heurtent l'un contre l'autre, s'arrondissent et finissent par se souder ensemble, pour former une vaste plaine de glace, dont l'épaisseur augmente ensuite par la surface inférieure.

L'eau provenant de la fonte de la glace est douce. C'est la conséquence d'un phénomène physique bien connu. Lorsqu'une dissolution saline, telle que l'eau de mer, se congèle par le froid, l'eau pure passe seule à l'état solide ; la dissolution saline, plus concentrée, demeure liquide. Il suffit donc de faire fondre un glaçon des mers polaires, bien essuyé et lavé dans l'eau douce, pour se procurer de l'eau propre à la boisson et à tous les usages domestiques.

Il y a pourtant dans les banquises des glaçons salés. Ils se distinguent de la glace d'eau douce par leur opacité et par une blancheur éclatante. La glace douce est transparente et plus dense que la glace salée. La salure de cette dernière n'est due qu'à l'eau de mer retenue dans ses interstices. La glace dite *d'eau douce* se reconnaît facilement à sa belle teinte verte et à sa limpidité. Le baleinier Scoresby s'amusait quelquefois à tailler des lentilles de glace, avec lesquelles il mettait le feu à la poudre, ou au tabac de ses marins, ce qui étonnait beaucoup son équipage, peu familier avec les lois de la physique.

Les banquises qui se forment sous les plus hautes latitudes sont poussées vers le sud par les vents et par les courants ; mais tôt ou tard l'action des vagues les brise et les morcelle. Les bords des glaçons fracturés se relèvent souvent, et se soudent de nouveau ; il résulte de cet assemblage des aspérités ou protubérances que les marins anglais appellent *hummocks*, et



qui donnent aux glaces polaires un aspect bizarre et irrégulier. Les *hummocks* se forment lorsque les épaves des banquises brisées viennent à se toucher par leurs bords, et à former de vastes radeaux, dont les pièces ont parfois 100 mètres de long.

Quand les glaces laissent entre elles un espace libre dans lequel peut passer un vaisseau, on dit que la *glace est ouverte*. Mais souvent on rencontre encore des montagnes de glaces en partie submergées, dont un bord est retenu sous la masse principale, tandis que l'autre bord domine au-dessus de l'eau. Scoresby a passé une fois au-dessus d'un *calf* (c'est ainsi que



Fig. 176. Champ de glaces.

les marins anglais nomment ces éminences de glaces); mais il tremblait à l'idée de le voir, en se relevant, jeter en l'air son vaisseau.

L'aspect des *champs de glaces* (fig. 176) varie de mille manières. Ici c'est un chaos incohérent, semblable à une terre volcanique, déchirée de crevasses dans tous les sens et hérissée de blocs informes, entassés au hasard. Là c'est une plaine accidentée, mosaïque immense qui se compose de tables de glace de tout âge et de toute épaisseur, dont les divisions sont marquées par de longues crêtes, aux formes les plus irrégulières, ressemblant tantôt à des murailles de blocs rectangu-



Fig. 177. Navire pris dans les glaces des mers arctiques.



lares empilés par assises, tantôt à des chaînes de collines arrondies.

Au printemps, quand le dégel arrive et que la débâcle commence, les pièces de glace légère qui soudaient les gros blocs et en formaient une masse unique se fondent les premières ; les glaçons se séparent alors, et le mouvement des eaux les disperse en peu de temps, de sorte que les vaisseaux trouvent tout à coup le passage libre. Cependant un jour de calme suffit quelquefois pour rapprocher de nouveau ces tronçons flottants, qui oscillent et se heurtent l'un contre l'autre avec des grincements sinistres, avec des bruits étranges que les marins comparent aux jappements de jeunes chiens.

Quand un navire se trouve emprisonné au milieu d'un champ de glaces flottantes (fig. 177), on observe quelquefois d'inexplicables changements dans ces vastes agrégations incohérentes. Des vaisseaux qui se croyaient immobiles se sont trouvés avoir fait en quelques heures un tour complet sur eux-mêmes. Deux navires, enfermés à peu de distance l'un de l'autre, s'éloignèrent de plusieurs lieues sans qu'on pût apercevoir un changement dans les glaces qui les entouraient. D'autres fois les navires sont entraînés avec les glaces flottantes, tout comme les ours blancs, qui font de longs voyages de mer sur ces monstrueux véhicules. En 1777, le vaisseau hollandais *la Wilhelmine* fut emporté, avec neuf autres navires baleiniers, depuis le 80° jusqu'au 62° degré, en vue de la côte d'Islande. Pendant ce terrible trajet, les vaisseaux furent écrasés l'un après l'autre ; plus de 200 personnes périrent, le reste put gagner la terre ferme.

Le lieutenant de Haven, naviguant à la recherche de sir John Franklin, fut pris dans les glaces, au milieu du chenal, dans le détroit de Wellington. Pendant neuf mois qu'il y resta en captivité, il dériva de près de 2000 kilomètres vers le sud. Le navire *le Resolute*, que le capitaine Kellet dut abandonner dans une banquise d'une étendue immense, fut entraîné vers le sud, avec cette masse énorme en dérive, aussi loin que de Haven.

Les banquises et les glaces flottantes ne proviennent pas exclusivement de la congélation de l'eau de la mer ; une partie descend des glaciers qui bordent les rivages.



Aux bords des mers circumpolaires s'élèvent des masses de glace qui couvrent en grande partie les côtes. Lorsque le terrain s'élève à une certaine hauteur, très-faible d'ailleurs, elles constituent des glaciers, analogues, par leur mode de formation, aux glaciers des contrées tempérées. La figure 179 représente l'un des glaciers polaires qui a été le plus souvent exploré : la *Baie des Anglais*, au Spitzberg.

Les glaciers polaires, comme ceux des régions tempérées, sont doués d'un mouvement lent de progression. Les glaces qui les composent descendent peu à peu, et arrivent ainsi au pied du glacier, c'est-à-dire au bord de la mer. L'action des flots ve-



Fig. 178. Origine des glaces flottantes provenant de la progression de glaciers polaires.

nant à les détacher de la masse principale, ils tombent dans la mer, quelquefois avec une détonation formidable. La figure 178 montre ce mode de formation des glaces polaires. Ces colosses de glace bloquent les rivages, ou bien sont entraînés par les courants de la mer; ils constituent, dans ce dernier cas, des banquises ou des glaces flottantes.

Le capitaine Scoresby a soutenu que les glaces flottantes qui encombrant la baie de Baffin ne doivent qu'en partie leur origine à la congélation de la mer; que le plus grand nombre se forme sur le rivage, dans les régions abritées contre les vents et les courants, par suite de l'accumulation des neiges séculaires, alternativement fondues et regelées. Cette observation



Fig. 179. Baie des Anglais, au Spitzberg.



a été généralisée dans ces derniers temps ; on a même soutenu que toutes les glaces flottantes descendent des glaciers qui couvrent les rivages polaires. Il y a quelque exagération dans cette idée, et l'on doit admettre que les glaces des mers arctiques doivent leur origine à la fois aux glaciers du rivage et à la congélation de l'eau de la mer.

Dans les environs du Spitzberg, les *icebergs* (montagnes de glace) sont rares et peu considérables ; mais dans le détroit de Davis on en a vu qui avaient 3 kilomètres de longueur sur un demi-kilomètre de largeur, et dont le sommet s'élevait à plus de 50 mètres au-dessus de l'eau : d'où il suit qu'ils enfonçaient

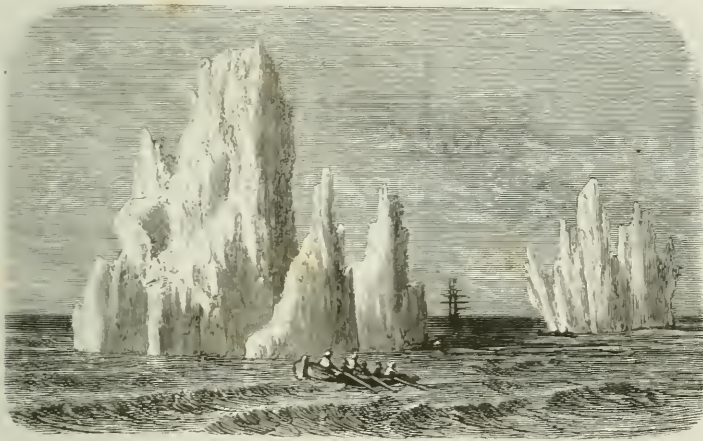


Fig. 180. Montagne de glace.

de plus de 200 mètres, car la proportion entre la partie libre et la partie submergée est comme 1 à 4.

Ces géants de glace, corrodés et rongés sans cesse par les flots qui les baignent, offrent les formes les plus variées et les plus bizarres. Tantôt on croirait voir une *île flottante* avec ses baies et ses promontoires ; tantôt un mur taillé à pic, surmonté de tours crénelées qui se penchent sur l'abîme et menacent d'écraser le téméraire qui oserait s'en rapprocher ; tantôt, enfin, ce sont des pyramides élancées, des cônes arrondis, des plateaux unis et circulaires. La figure 180 représente une *montagne de glace* des mers arctiques.

La figure 181 représente une montagne flottante percée



d'une haute et longue galerie que les matelots de John Ross rencontrèrent sur les côtes du Groënland, et qu'ils s'amuserent à traverser; elle avait l'apparence d'un tunnel de cristal.

On peut aisément juger de l'âge de ces colosses d'après le degré d'érosion et de dégradation qu'ils ont déjà subi. Détachés ou lancés depuis peu de temps, ils offrent l'aspect d'immenses plateaux tabulaires dont les flancs renferment encore des débris de blocs erratiques arrachés au glacier du rivage; d'autres

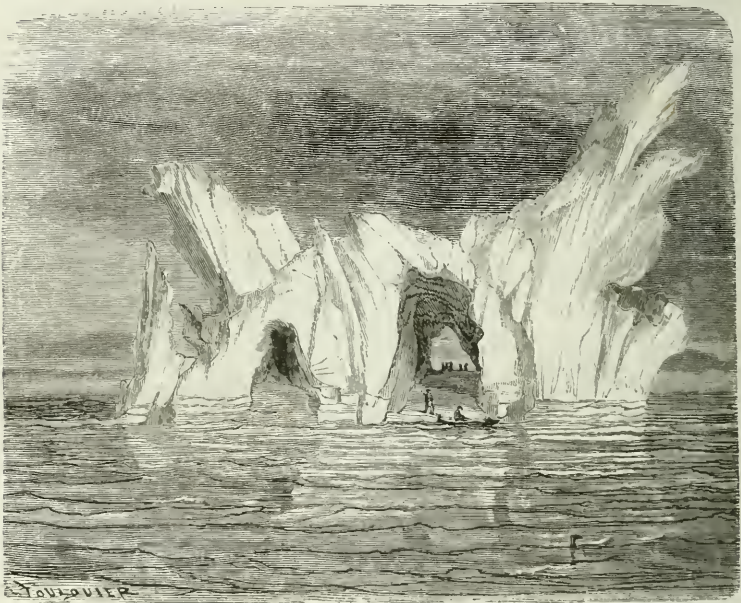


Fig. 181. Montagne de glace flottante percée à jour, vue par John Ross sur les côtes du Groënland.

fois, ils sont fortement penchés, et présentent une pente plus ou moins douce, que l'on peut gravir pour en visiter le sommet. Avec le temps les eaux creusent, à leur base, des excavations profondes et des cannelures horizontales, qui marquent les lignes de flottaison successives de ces masses en décomposition. Puis, à mesure que la dégradation augmente, on voit naître des colonnes, des ponts naturels, des pointes hérissées, des stalactites et des stalagmites, des trous béants, qui percent la masse

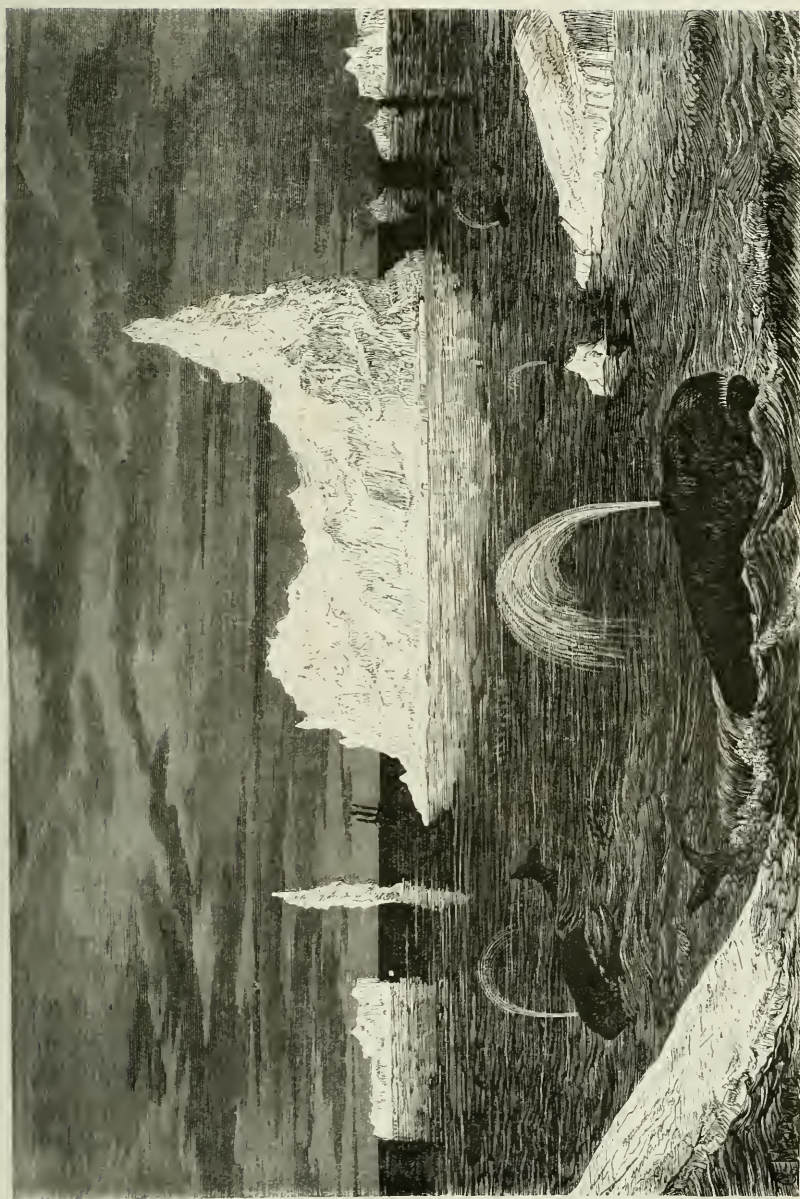


Fig. 182. Ile de glace vue en 1877, près du banc de Terre-Neuve.



de part en part, et mille autres formes bizarres qui donnent à ces édifices flottants l'aspect le plus pittoresque, surtout lorsqu'ils sont enveloppés de la lumière pourprée du soleil qui rase l'horizon. Usés de plus en plus par l'action de l'eau et de l'atmosphère, ils nagent vers le nord où les entraînent les courants, quelquefois même contre le vent. Quand ils arrivent au sud du Groënland, les eaux chaudes du Gulfstream achèvent de les désagrèger. La figure 182 représente un de ces îlots de glace, qui a été vu par M. Deville, au mois de juin 1857, en dérive sur le banc de Terre-Neuve.

On rencontre quelquefois ces îles de glace groupées par milliers. Cet ensemble de blocs produit l'effet d'une ville de géants qu'aurait emportée une catastrophe géologique et qui voyagerait au caprice des éléments déchainés. Les mille reflets de la lumière se jouent sur ces palais de cristal et d'argent. Quand le cri d'un homme retentit dans cette lugubre solitude, mille échos le répercutent de tous les côtés : on croirait que des esprits invisibles viennent répondre à celui qui ose troubler leur silence.

Toutefois, rien n'est dangereux pour les navigateurs comme ces champs de glaces resplendissantes.

« Il faut, dit Malte-Brun, avoir un cœur d'airain pour oser s'enfoncer dans ces mers inhospitalières : car si le navigateur n'y a point à craindre les tempêtes, il court d'autres dangers bien plus capables d'effrayer les esprits les plus téméraires. Tantôt des glaçons énormes, agités par les vents et par les courants de mer, viennent se heurter contre son frêle navire : point de rocher ou d'écueil si dangereux ni si difficile à éviter ; tantôt ces montagnes flottantes entourent perfidement le voyageur et lui ferment toute issue ; son vaisseau s'arrête, se fixe ; en vain la hache impuissante cherche à briser ces masses énormes, en vain les voiles appellent les vents : le bâtiment est comme soudé dans la glace, et le navigateur, séparé du monde des vivants, reste seul avec le néant. »

Quand l'*ice-master*, ou *pilote des glaces*, signale une banquise arrivant des profondeurs du nord, le vaisseau doit fuir à toutes voiles, pour éviter une destruction certaine. La rapidité du mouvement de ces masses colossales est, en effet, prodigieuse. On les voit quelquefois tourner sur elles-mêmes avec une vitesse de plusieurs kilomètres à l'heure.

Le choc de deux champs de glace se ruant l'un contre l'autre



surpasse tout ce que l'imagination peut concevoir et pourrait inventer. Qu'on se représente l'effet d'une masse de dix-huit millions de tonnes brusquement arrêtée dans sa course ! Si deux masses semblables se rencontrent avec des vitesses égales et un mouvement contraire, que peut devenir un frêle navire pris dans ce formidable étai ! Aussi chaque année voit-elle, dans les mers circumpolaires, se multiplier les sinistres, et les vaisseaux disparaître par douzaines.

« J'ai vu un navire, dit Scoresby, qui, écrasé entre deux murs de glace, fut anéanti instantanément dans leur choc formidable. Seule, la pointe du grand mât resta debout au-dessus de ce tombeau flottant, comme un funèbre signal. Un autre se dressa sur sa poupe comme un cheval cabré. Deux autres beaux trois-mâts ont été, sous mes yeux, percés d'outre en outre par des glaçons aigus de plus de 100 pieds de long. »

Dans la terrible baie de Melville, plus de deux cents navires ont déjà péri de cette manière.

Les montagnes de glace sont souvent presque immobiles ; elles forment alors pour les vaisseaux un point d'appui, si les vents sont violents ou contraires, si la stabilité est nécessaire aux besoins de la pêche, ou si l'on cherche un abri contre les glaçons qui dérivent dans un pêle-mêle tumultueux. Il est dangereux, toutefois, de s'amarrer au-dessous de montagnes de glace très élevées, car souvent leur équilibre est si peu stable, que le plus léger choc les fait basculer. Si elles viennent à rencontrer un obstacle en flottant le long de la mer, elles se brisent, comme un gigantesque obus, en blocs de dimensions formidables, qui écrasent tout par leurs éclats.

La glace dont la surface a été entamée par le dégel, devient fragile et cassante : on a vu des montagnes de glace se fendre du haut jusqu'en bas, pour avoir été seulement frappées à leur base d'un coup de hache, par un matelot occupé, dans une chaloupe, à y fixer une ancre. La crevasse engloutit le malheureux, et les débris, projetés en tous sens, submergèrent l'embarcation. Dans le voyage exécuté en 1856, dans le nord de l'Europe, par le prince Napoléon, on s'amusait à faire éclater des montagnes de glace par le choc d'un boulet de canon.

La neige qui s'amasse sur ces îles flottantes fond au printemps, et elle forme, dans les creux, des masses d'eau douce, qui sont d'un grand secours pour les pêcheurs de baleines.

Les vents des mers arctiques sont remarquables par leur inconstance. La force de ces vents diminue beaucoup lorsqu'ils passent sur un champ de glace ; quelquefois même la glace semble repousser le vent et le faire tourner en sens contraire. Les brises chaudes du sud se refroidissent en passant au-dessus des glaces et abandonnent leur humidité, sous forme de neige. Les nuages ne peuvent pas se former dans ces froides contrées ; les vapeurs atmosphériques s'y condensent en neige sans autre intermédiaire.

Les tourmentes de neige sont terribles pour les marins qui sont forcés de traverser la glace à pied, ou dans des traîneaux attelés de chiens esquimaux. D'épais tourbillons fouettent le visage du malheureux voyageur, pénètrent dans sa bouche et dans ses narines, soudent ses paupières et l'aveuglent. La bise bleuit sa peau et lui cingle le visage, comme feraient les lanières du knout. Dans ces parages la température descend parfois à plus de 50° au-dessous de zéro, et elle ne s'élève jamais à plus de 10 degrés au-dessus. L'éclat de la blanche enveloppe de glace qui couvre partout le sol est tel, dans les régions polaires, que l'on est forcé de porter des lunettes bleues ou des masques en fil de fer lorsqu'on veut traverser ces plaines de glaces éternelles.

Une illusion d'optique très-fréquente dans les parages polaires fait paraître les objets plus grands qu'ils ne sont en réalité. Un renard prend les proportions d'un ours ; des bancs de glace peu élevés semblent de hautes montagnes. On croit voir à l'horizon des terres dont on n'approche jamais. Les distances des objets réels semblent diminuées, tout comme dans le désert : on marche, on marche, et l'on n'arrive pas.

Une autre source d'erreur, c'est le mirage, qui fait paraître suspendue en l'air l'image d'objets éloignés, et donne ainsi lieu aux scènes les plus étranges. Scoresby aperçut un jour dans le ciel l'image renversée d'un vaisseau, et dans ce vaisseau il reconnut *le Fame*, commandé par son père, qui venait de mouiller dans une anse à dix lieues du point où il se trouvait lui-même en ce moment : c'était un effet du mirage.

En approchant d'un champ de neige ou de glace, on aperçoit

toujours une bande d'un blanc éblouissant au-dessus de l'horizon : c'est ce qu'on nomme l'*ice-blinck*. Ce phénomène fait connaître d'avance, non-seulement la forme, mais encore la nature de la glace dont on approche.

Ce qui distingue le plus les régions polaires des autres contrées de la terre, c'est leur long jour et leur longue nuit. Décrivant une immense spirale autour de l'horizon, le soleil monte peu à peu jusqu'au plus haut point de sa course, à une trentaine de degrés; puis il revient de la même manière vers l'horizon, et fait ses adieux à la terre, s'éteignant peu à peu dans un morne crépuscule. Alors, pendant près de six mois, le soleil reste invisible.

« Lorsqu'on se voit pour la première fois enseveli dans les ténèbres silencieuses de la nuit polaire, dit le capitaine Parry, on ne peut se défendre d'un involontaire effroi : on se croit transporté hors du domaine de la vie. Ces mornes et sombres déserts paraissent comme ces espaces incréés que Milton a placés entre l'empire de la vie et celui de la mort. »

Les animaux mêmes sont affectés par la tristesse qui règne alors dans la nature. Sous l'influence de ces constantes ténèbres les chiens de Terre-Neuve du docteur Kane devinrent fous et moururent.

Si le soleil prive pendant six mois de l'éclat de ses feux les contrées circumpolaires, un imposant phénomène illumine fréquemment leurs longues nuits de splendides lueurs, comme si la nature voulait les dédommager de l'absence de l'astre du jour par le plus saisissant de tous les phénomènes optiques. Les nuits polaires sont presque toujours éclairées par les feux resplendissants des *aurores*, dites *boréales* ou *australes*, selon le pôle auquel elles se produisent. Voici à peu près la gradation de ce phénomène. Le ciel commence par se rembrunir. Il s'y forme bientôt un segment nébuleux, bordé d'un arc plus large, d'une blancheur éclatante, et qui semble agité par une sorte d'effervescence. De cet arc s'élancent des rayons et des colonnes de lumière qui montent jusqu'au zénith (fig. 184). Ces gerbes lumineuses passent par toutes les couleurs du prisme, du violet et du bleu bleuâtre, jusqu'au vert et au rouge purpurin. Tantôt les colonnes de lumière sortent de l'arc brillant, mélangées de rayons noirâtres; tantôt elles s'élèvent simultanément





Fig. 183. Aurore boréale dans les mets arctiques.





en différents points de l'horizon et se réunissent en une mer de flammes agitée par de rapides ondulations. D'autres fois ce sont des étendards flamboyants qui se déroulent et flottent dans l'air. C'est ce dernier aspect que représente la figure 183. Une sorte de dais, formé d'une lumière douce et paisible, que l'on appelle la *couronne*, annonce la fin du phénomène. Alors les rayons lumineux commencent à perdre de leur éclat, les arcs

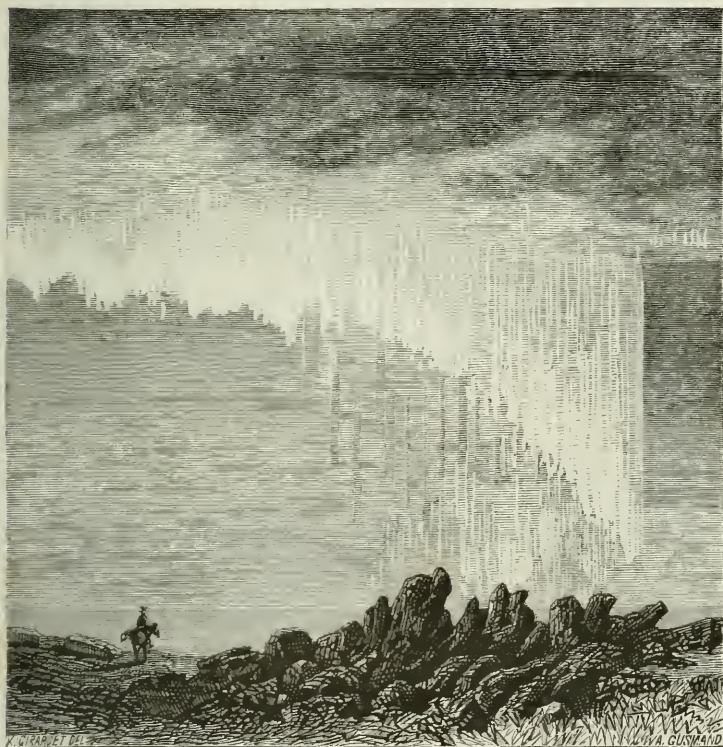


Fig. 184. Aurore boréale.

colorés se dissolvent, s'éteignent, et bientôt on ne voit plus qu'un faible nuage blanchâtre dans les points du ciel où se jouaient les mille feux brillamment colorés de l'aurore polaire.

Dans les régions du pôle, la durée du jour est d'environ six mois. Pendant ce long intervalle, le soleil ne cesse pas d'apparaître; il est seulement un peu plus bas à minuit qu'à midi.

La figure 185 représente une vue du Spitzberg, éclairé à minuit par un soleil à demi voilé.

Les longs jours agissent comme les longues nuits sur certains animaux. Lord Dufferin, dans ses *Lettres écrites des régions polaires*, raconte qu'à mesure qu'il avançait vers le nord et que les nuits devenaient plus courtes, un coq qu'il avait emporté se montrait de plus en plus désorienté : il ne dormait

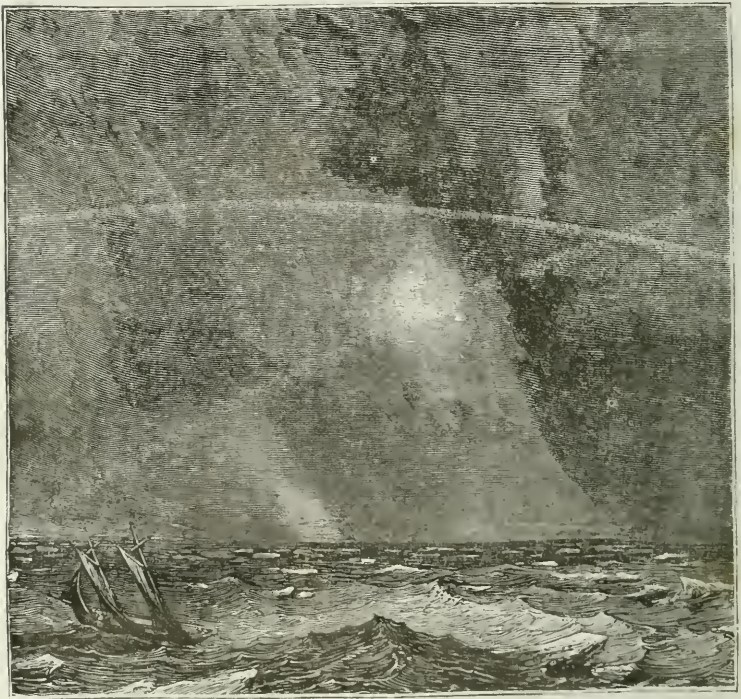


Fig. 185. Le soleil de minuit au Spitzberg.

pas cinq minutes sans s'éveiller dans un état d'agitation nerveuse, comme s'il eût craint de laisser passer le point du jour et l'heure de son chant. Quand la nuit eut enfin complètement cessé de se produire, la constitution du pauvre animal fut ébranlée sans retour. Il fit entendre une ou deux fois une voix insolite, et tomba dans un étrange malaise. Enfin, en proie au délire, il se mit à caqueter tout bas, comme s'il rêvait de grasses basses-cours et de jeunes compagnes ; puis il s'é-



lança tout à coup par-dessus le bord, et trouva la mort dans les flots.



Fig. 186. Halo en Norvège.

Quand le soleil ou la lune sont visibles dans les régions polaires, ils paraissent très-souvent entourés de *halos*, ou accom-



Fig. 187. Parhélie dans les mers polaires.

pagnés de *parhélies*, d'*anthélies*, etc. Quelquefois plusieurs de ces météores se montrent à la fois, comme s'il y avait fête au ciel.



La figure 186 montre la forme de l'arc lumineux qui a reçu des météorologistes le nom de *halo*. On voit sur la figure 187 un *parhélie* éclairant la mer glaciale arctique.

Telles sont les merveilles des mers polaires en général. Considérons maintenant chacun des deux pôles en particulier.

*Pôle arctique.* — Le pôle arctique, ou boréal, est le seul qui ait été exploré avec quelque suite; car les intérêts du commerce ont forcé d'étudier ces parages avec obstination, tandis que les mers antarctiques, ou australes, n'avaient rien qui pût attirer les entreprises humaines.

Malgré les nombreuses expéditions dirigées depuis deux siècles à travers les mers arctiques, pour découvrir des passages libres permettant de se rendre du nord de l'Europe dans les Indes, les terres du pôle boréal sont loin d'être aujourd'hui exactement connues des géographes. La brume et la neige qui les couvrent presque toujours ont induit en erreur bien des navigateurs. Dans son premier voyage, fait en 1818, John Ross crut voir le détroit de Lancastre fermé par une chaîne de montagnes, qu'il nomma *Croker mountains*. Mais l'année suivante, le capitaine Parry reconnut cette erreur, et le commandement fut retiré à Ross, qui ne dut qu'à la générosité du distillateur Félix Booth de pouvoir retourner, onze ans après, dans les mêmes parages. Nous donnerons quelques détails sur les épisodes principaux de l'important voyage de Parry au pôle nord.

Le marin anglais partit en 1819 avec deux navires, *l'Hécla* et *le Griger*. Il découvrit les détroits de Barrow, de Wellington et du Prince-Régent, les îles Cornwallis, Byam-Martin et Melville, auxquelles on a donné depuis le nom d'*archipel Parry*. Dans ce court voyage il recueillit autant de résultats nouveaux que n'en ont obtenu ses successeurs pendant les quarante années suivantes. C'est qu'il était le premier à parcourir ces mers.

Sur l'île de Byam-Martin on constata l'existence de quelques ruines d'anciennes habitations des Esquimaux. Parry passa l'hiver à l'île Melville. Pour atteindre l'ancre choisi dans la baie Winter, on fut obligé de scier dans la glace un chenal d'une lieue de long, ce qui exigea un travail de trois jours (fig 188). Mais à peine était-on amarré dans le havre, que le thermomètre tomba à 18° au-dessous de zéro. On transporta à

terre les chaloupes, les câbles, les voiles, les manœuvres courantes, etc. Les mâts furent descendus jusqu'aux plus basses hunes; le reste des agrès servit de faite à une toiture en planches attachée sur le plat-bord, et revêtue d'une épaisse couverture de bourre de laine, qui formait contre le vent et la neige un excellent abri. On prit une foule de précautions contre le froid et l'humidité sous les ponts. Des poêles maintenaient dans le navire une température supportable. Dans chaque dortoir un faux plafond en toile imperméable empêchait



Fig. 188. Route des vaisseaux *l'Hécla* et *le Grigor*, sciee dans la glace par l'équipage de Parry, au voisinage de l'île Melville.

les vapeurs de se condenser sur les parois de bois (fig. 189). L'équipage fut divisé en compagnies placées chacune sous la surveillance d'un officier, chargé d'inspecter tous les jours le bon état de leurs vêtements et leur propreté; car rien n'est aussi indispensable que les soins de toilette dans ces pays où l'on est constamment menacé du scorbut. En prévision de l'avenir, le capitaine Parry réduisit d'un tiers la ration ordinaire de pain. La bière et le vin furent substitués à l'eau-de-vie. Chaque jour on faisait boire aux matelots de la limonade

de citron. Le gibier venait quelquefois varier ces repas, dignes des Spartiates. Comme remède contre le spleen, on jouait de temps en temps la comédie. Parry avait composé pour ces représentations un vaudeville intitulé *le Passage au nord-ouest, ou la Fin du voyage*. Pendant les représentations, le thermomètre marquait au dehors — 35°, et dans la salle — 28°. Jamais on n'avait vu les *feux de la rampe* à une aussi basse température. Pendant cette éternelle nuit de 84 jours, le thermomètre arriva un moment à — 47°.

Quelques matelots eurent les membres gelés et ne furent jamais qu'incomplètement guéris. Un jour, le feu ayant pris à

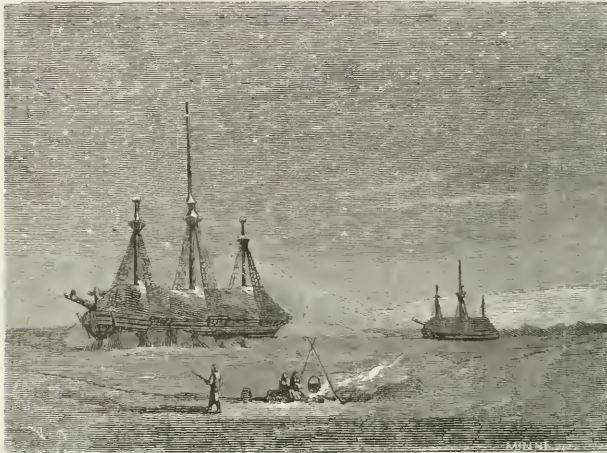


Fig. 189. *L'Hécla* et *le Griger* hivernant à l'île Melville.

la hutte qui servait d'observatoire, un matelot qui voulut emporter un instrument précieux y perdit ses mains, qui furent complètement gelées.

Pendant le mois de juin étant arrivé, on put faire quelques excursions. On découvrit dans l'île Melville des terres tapissées de mousse, de gazon, de saxifrages et de pavots. Là se réunissaient des rennes, des bœufs musqués, des lièvres, des oies boréales, des pluviers, des gelinottes blanches, etc. Des loups et des renards rôdaient autour de ce butin, que l'équipage sut leur disputer. Le capitaine Parry n'osa passer un second hiver dans ces terribles lieux. Il retourna au port dès que le dégel eut rendu le passage libre.



En 1821, Parry entreprit un second voyage avec *la Fury* et *l'Hécla*. Il visita la baie d'Hudson et le canal de *Fox*. Dans son troisième voyage, entrepris en 1824, il fut surpris par les



Fig. 190. Abandon de *la Fury* dans le détroit du Régent, en 1824, par le capitaine Parry.

glaces dans le canal du Prince-Régent, et contraint d'y passer l'hiver. *La Fury*, démantelée, se trouva hors d'état de servir. Parry fut obligé de l'abandonner (fig. 190) et de retourner en Angleterre.



Accompagné de James Ross, il reprit la mer, en avril 1826, monté sur *l'Hécla*. En partant de l'île de la Table, au nord du Spitzberg, Parry plaça son équipage dans deux barques-traineaux, *l'Entreprise* et *l'Endeavour* : la première sous son commandement, la deuxième sous les ordres de James Ross (fig. 191). Ils marchèrent tantôt à flot, tantôt halés sur la croûte de glace. Bientôt la glace se montra hérissée de pointes aiguës qui perçaient les chaussures, entrecoupée de vallées et de petites collines qu'il fallait grâvir. Malgré l'audace et l'é-

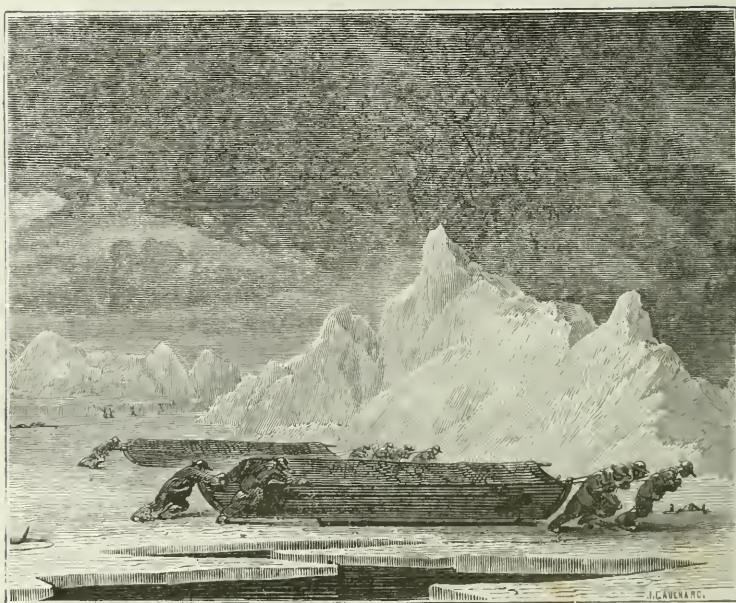


Fig. 191. Les barques-traineaux de Parry, au nord du Spitzberg.

nergie de leurs hommes, Parry et Ross avançaient à peine de 7 kilomètres par jour, encore la dérive de la glace vers le sud les ramenait-elle sans cesse vers le point de départ. On atteignit  $82^{\circ} 45' 15''$  de latitude. Ce fut le point extrême; on regagna au bout de deux mois *l'Hécla*, qui ramena l'équipage en Angleterre. Parry n'avait pas trouvé le fond de la mer à 9 kilomètres, et nulle part le regard n'avait rencontré de terres.

Au mois de mai 1829, John Ross, accompagné de son neveu James Clark Ross, reprit la route des mers polaires. Il entra

dans le canal du Prince-Régent et y retrouva *la Fury*, c'est-à-dire le navire démantelé que Parry avait abandonné, huit années auparavant, dans ces parages. Les provisions que le vieux navire contenait encore furent pour l'équipage de Ross une ressource providentielle.

Le navigateur anglais explora la péninsule Boothia, et passa quatre hivers consécutifs dans le port Félix, sans pouvoir dégager son vaisseau *la Victory*, ce qui lui donna tout loisir de se familiariser avec les Esquimaux. John Ross a raconté, dans la



Fig. 192. Village de neige; habitations d'hiver des Esquimaux.

relation de son long séjour dans les contrées polaires, ses rapports avec les Esquimaux, habitants de ces contrées. Nous passerons ces détails sous silence, nous bornant à représenter comme spécimen de la vie de ces êtres humains les habitations qu'ils se construisent pour y passer l'hiver, au moyen de blocs de neige durcie (fig. 192).

Sur la côte sud-ouest de Boothia, John Ross foule le pôle magnétique, et il voit l'aiguille d'inclinaison se maintenir verticale. Mais la santé des deux Ross et celle de leurs hommes

s'altèrent à vue d'œil. Enfin, en 1833, ils atteignent sur des bateaux la passe du Prince-Régent.

Exposés à mille dangers, prêts à succomber de froid et de faim, John Ross et son équipage sont enfin aperçus, après avoir fait de grands efforts pour attirer son attention, par un navire baleinier. On les reçoit à bord, et on leur apprend que le vaisseau qui vient de les sauver, c'est *l'Isabelle*, autrefois commandé par le capitaine John Ross.

« Mais le capitaine Ross, c'est moi, dit le chef de l'équipage sauvé.

— Le capitaine Ross est mort depuis deux ans, » lui répondent les matelots de *l'Isabelle*, qui ne l'avaient jamais vu.

Tout finit cependant par s'expliquer, et nous n'avons pas besoin de dire avec quel enthousiasme furent reçus à Londres Ross et ses compagnons arrachés au tombeau des mers polaires.

Nous ne terminerons pas cette revue rapide des dernières expéditions entreprises au pôle arctique sans parler du célèbre et infortuné Franklin.

L'année même où Parry partit pour la première fois, sir John Franklin entreprenait sa première expédition dans les mers arctiques. En 1819, il explorait la rive nord de l'Amérique et découvrait la source de la rivière Coppermine. Il y retourna en 1825, et revint après avoir reconnu la côte sur une étendue de 500 lieues. Ce n'est qu'en 1845 qu'il partit pour la troisième fois, avec *l'Èrèbe* et *la Terror*, navires qui avaient déjà parcouru les mers australes. Son équipage comprenait 138 hommes; il commençait les capitaines Crozier et Fitz-James. Ses instructions lui donnaient pour mission de chercher le passage au nord-ouest, pour se rendre au détroit de Behring.

Franklin fut aperçu pour la première fois, au mois de juin 1845, par deux capitaines baleiniers.

En 1848, on commença à s'inquiéter vivement du sort de ce navigateur. Les expéditions à sa recherche se succédèrent, envoyées à grands frais par les gouvernements anglais et américain, et par lady Franklin elle-même. Quelques-unes pénétrèrent dans les mers polaires par le détroit de Behring, mais la plupart prirent par la baie de Baffin. En 1850, les capitaines Ommaney et Penny finirent par découvrir, à l'entrée du canal



de Wellington, quelques vestiges du passage de Franklin : des tombeaux, des caisses de fer-blanc, des cordes, des habits. On pensa dès lors que Franklin s'était engagé dans les régions du nord, et l'on dirigea les recherches en conséquence, au lieu de chercher vers le sud, comme il aurait fallu le faire. En 1854, un récit des Esquimaux recueilli par le docteur Raë fit connaître l'erreur. Ces hommes racontèrent qu'ils avaient vu passer quelques années auparavant, au sud de Boothia, une troupe de soixante hommes environ, terriblement amaigris ; ils ajoutèrent que plus tard on les avait tous trouvés morts.



Fig. 193. Découverte du *cairn* où étaient enfouis les papiers de John Franklin.

Guidée par ces derniers indices, lady Franklin acheta, des débris de sa fortune, le yacht à hélice *le Fox*, avec lequel le capitaine Mac-Clintock partit en 1857. Après vingt-deux mois de voyage, le capitaine Mac-Clintock découvrit, le 6 mai 1859, sur la pointe nord de la terre du Roi-Guillaume, un *cairn*, ou tas de pierres formant étape, qui lui donna le mot de l'énigme fatale que tout un peuple cherchait depuis si longtemps à pénétrer (fig. 193). Des feuillets de parchemin datés du 25 avril



1848, et enterrés sous ces pierres, contenaient les derniers détails, tracés de la main des officiers, concernant la malheureuse expédition de Franklin.

Le commandant était mort le 11 juin 1847. En 1848, les survivants espéraient atteindre l'embouchure de la rivière de Back, mais ils succombèrent, eux aussi, au froid et à la faim.

En septembre 1859, le capitaine Mac-Clintock rentrait en Angleterre, ramenant sur *le Fox* presque tous les hommes de son expédition et rapportant divers objets retrouvés dans les lieux qui furent le théâtre du désastre de l'expédition de Franklin.

Il ne nous reste qu'à dire quelques mots des derniers voyages entrepris dans les mers polaires.

Avant le retour de Mac-Clintock, le capitaine Mac-Clure, parti du détroit de Behring, découvrit en 1850 le fameux passage du nord, cherché inutilement depuis tant de siècles, entre l'île de Melville et l'île Baring. Il vit le thermomètre descendre à  $-54^{\circ}$ . Au mois d'octobre 1854, Mac-Clintock était de retour en Angleterre. On acquit plus tard la certitude que Franklin avait dû, avant de mourir, reconnaître l'autre passage qui existe au nord de l'Amérique, au sud des terres Victoria et Wollaston.

L'expédition du docteur Kane entra, en 1853, dans le détroit de Smith, et s'avança, vers le nord, sur des traîneaux attelés de chiens. La température, qui était de  $-30^{\circ}$  à  $-40^{\circ}$  en moyenne, descendit jusqu'à  $-50^{\circ}$ . On trouva, à  $11^{\circ}$  du pôle, deux villages d'Esquimaux appelés Etah et Peterovik, puis un immense glacier. Un détachement, conduit par le lieutenant Morton, découvrit, au delà du  $80^{\circ}$  degré de latitude, un chenal d'eau libre où s'ébattaient d'innombrables oiseaux : hirondelles, canards, mouettes, etc., poussant des cris aigus. Des phoques se jouaient sur des glaçons flottants. En montant le long des rives, on rencontra des plantes fleuries : lychnis, jubarbes, hesperis, etc. Le 24 juin, Morton arbora, sur le cap *Indépendance*, situé au delà de  $81^{\circ}$ , le drapeau de *l'Antarctic*, qui avait vu auparavant les glaces du pôle austral. Au nord, la mer libre fuyait à perte de vue ; à gauche, la rive occidentale du *canal Kennedy* semblait se terminer par une chaîne de montagnes, dont le pic principal, élevé de 3000 mètres, reçut le nom de *mont Parry*. L'expédition retourna vers le sud, et arriva, affaiblie et mou-

rante de faim, au port d'Uppernavick, où elle fut reçue par un navire américain. Kane, épuisé par ses souffrances, mourut en 1857.

Nous ne terminerons pas ces rapides considérations sur le pôle arctique sans signaler un fait géologique d'un grand intérêt.

Quand on a pu explorer la nature des terrains des régions avoisinant le pôle nord, on a trouvé qu'un grand nombre appartiennent aux terrains houillers : tel est le cas de l'île Melville, de l'île du Prince-Patrick, etc.<sup>1</sup>. Sous la glace qui couvre le sol de ces îles, le terrain houiller existe, avec tous les débris des végétaux fossiles qui le composent. Ainsi, aux époques géologiques, le pôle nord de la terre était couvert de la riche et abondante végétation dont les restes constituent aujourd'hui la houille : ce qui prouve que la température de ces régions était extrêmement élevée et supérieure à celle de nos pays équatoriaux. Quel prodigieux abaissement de température a donc subi notre globe depuis les temps géologiques !

C'est un contraste bien étrange de voir la houille former le sous-sol des glaciers polaires. Supposez que l'industrie humaine songe à s'établir dans ces contrées, elle retirerait de la terre le combustible nécessaire à réchauffer les habitations, et la nature fournirait ainsi elle-même les moyens de combattre les rigoureuses conditions climatiques de ces régions inhospitalières.

*Pôle antarctique.* — Le pôle austral est probablement enveloppé d'une calotte de glace de 4000 kilomètres de diamètre. Tout porte à croire que les dimensions de cette masse ont diminué depuis 1774, c'est-à-dire depuis le voyage du capitaine Cook.

On ne peut approcher des parages antarctiques que pendant les mois d'été, c'est-à-dire en décembre, janvier et février.

Le premier navigateur qui ait pénétré dans ces déserts est le capitaine hollandais Théodoric de Gheritk, dont le vaisseau faisait partie de l'escadre de Simon de Cordes, en destination

1. Voir la *Carte géologique de la terre*, publiée en 1862, par M. Marcou.

des Indes orientales. En janvier 1600, une tempête ayant dispersé les vaisseaux de cette escadre, celui du capitaine Gheritk fut entraîné jusqu'au 64° degré de latitude sud. Il reconnut là une côte semblable à celle de la Norvège, montueuse, couverte de neige, et s'étendant du côté des îles Salomon.

Le récit de Simon de Cordes fit naître beaucoup d'incrédulité. Les doutes ne se dissipèrent que quand les terres de New-South-Shetland furent définitivement reconnues.

L'idée d'un continent antarctique est pourtant une des plus vieilles conceptions de la géographie spéculative, une de celles auxquelles on a le plus de peine à faire renoncer aujourd'hui les marins et les savants. L'existence d'un continent austral semble nécessaire pour faire contre-poids aux terres arctiques. La *Terra australis incognita* est marquée à ce titre dans les cartes de Mercator, autour du pôle sud : et lorsque l'officier français de Kerguelen eut découvert, en 1772, l'île qui porte son nom, il présenta cette idée de Mercator comme lui ayant suggéré le motif de son voyage d'exploration <sup>1</sup>.

En 1774, le célèbre capitaine Cook s'engagea jusqu'au delà de 71° de latitude, sous le 109° degré de longitude occidentale. Il parcourut 180 lieues entre le 50° et le 60° degré de latitude sud, sans trouver les terres dont quelques marins avaient parlé : ce qui lui fit supposer que l'on avait pris pour un continent des montagnes de glace ou des bancs de brouillards. Cook ne rejette pas néanmoins l'idée de l'existence d'un continent austral.

« Je crois fermement, dit-il dans la relation de son voyage, qu'il y a près du pôle une étendue de terres où se forment la plupart des glaces répandues dans ce vaste océan méridional; je crois que les glaces ne se prolongeraient pas si loin s'il n'y avait point au sud une terre, je veux dire une terre d'une étendue considérable. J'avoue cependant qu'alors la plus grande partie de ce continent austral doit être en dedans du cercle polaire, où la mer est si encombrée de glaces qu'elle devient inabordable. Le danger que l'on court à reconnaître une côte dans ces mers inconnues est si grand, que j'ose dire que personne ne se hasarderait jamais à aller plus loin que moi, et que les terres qui peuvent être au sud ne seront jamais reconnues. Les brumes y sont trop épaisses, les tourmentes de neige trop fréquentes, le froid trop aigu, tous les dangers de la navigation trop nombreux. L'aspect des côtes est plus

1. Biot, *Mélanges scientifiques et littéraires*, tome 1.

horrible qu'on ne saurait l'imaginer. Ce pays est condamné par la nature à rester privé de soleil et enseveli sous d'éternels frimas.... Je crois qu'après cette relation on ne parlera plus du continent austral. »

Ces régions désolées auxquelles le grand navigateur appliquait les paroles de Pline : *Pars mundi à natura damnata et densa mersa caligine*, n'ont pas effrayé le courage des explorateurs qui ont succédé à Cook. De nos jours, quelques expéditions ont été dirigées vers ces parages, séjour du froid, du silence et de la mort.

En 1823, un passage libre s'ouvrit dans les mers antarctiques. Le baleinier écossais James Weddell, lancé avec son équipage à la poursuite des phoques, ayant trouvé par hasard la mer libre sur la route, put s'engager jusqu'à la latitude de 74° (sous le 34<sup>e</sup> degré de longitude); mais, la saison étant trop avancée, il revint sur ses pas.

Le voyage de Weddell avait fait grand bruit; il permettait d'entrevoir la possibilité d'explorations plus sérieuses. Quinze ans plus tard, les expéditions du marin français Dumont d'Urville, de l'Américain Wilkes et de l'Anglais sir James Clark Ross se mettaient en route pour le pôle austral.

Dumont d'Urville, qui périt si misérablement en 1842, dans la catastrophe du chemin de fer de Versailles, partit le 9 janvier 1838, du détroit de Magellan, avec les deux corvettes *l'Astrolabe* et *la Zélée*. Il croyait, après avoir dépassé la première barrière de glace, trouver, comme Weddell, une mer ouverte; mais il dut bientôt renoncer à cette espérance. Les glaces flottantes devenaient de plus en plus serrées et dangereuses. Les glaces australes ne circulent pas dans des détroits, ou passages tout formés, comme celles du pôle nord. Détachés des énormes banquises qui entourent les terres, ou reposant quelquefois seulement sur des bas-fonds, ces blocs forment des ceintures parallèles au front des falaises, entrecoupées d'un petit nombre de canaux étroits et sinueux. Ces falaises de glace offrent une dégradation d'autant plus avancée qu'elles sont plus éloignées de leur point d'origine, ce qui permet au marin de juger approximativement de l'éloignement des banquises. Les blocs de glace forment d'abord de vastes prismes, ou masses tabulaires,



régulières, d'une blancheur mate ; mais peu à peu ils s'usent, se fendent, s'arrondissent ou se divisent sous l'action des flots qui les charrient ; leur couleur devient de plus en plus limpide et bleuâtre. Ils peuvent remonter librement vers le nord, au gré des courants et des vents, qui les emportent dans la direction de l'équateur. D'une année à l'autre, ces glaces flottantes peuvent s'accumuler d'une manière très-différente, et ce n'est que par un véritable hasard qu'elles laissent quelquefois entre elles un passage libre, tel que celui qui fut trouvé par Weddell. On a encore rencontré de ces îles de glace à la latitude sud de 35° et à la hauteur du cap Horn.

Les deux navires français se trouvèrent plusieurs fois pris dans les glaces que resserraient les vents du nord ; ils ne furent qu'au retour des vents du sud, qui dispersèrent ces masses énormes, de pouvoir en sortir sains et saufs. Dans quelques circonstances, Dumont d'Urville se vit obligé de lancer son navire contre un champ de glace qui l'emprisonnait, et de se frayer par la force un chemin à travers les banquises, en se servant de sa corvette comme d'un bétier.

En 1838, il reconnut, au sud des îles Orkneys, environ 50 lieues de côtes, auxquelles il donna le nom de *terre Louis-Philippe* et de *terre Joinville*. Ces terres sont recouvertes par d'énormes glaciers qui s'élèvent à 800 mètres de hauteur. Ross y a découvert plus tard des pitons très-élevés, tels que le mont Penny et le mont Haddington (2150 mètres) ; le marin anglais constata que cette terre n'est qu'une grande île. L'équipage de Dumont d'Urville était malade et très-fatigué ; le commandant donna l'ordre de retourner à Valparaiso, d'où il repartit pour le pôle austral l'année suivante (janvier 1839).

Il s'avança cette fois par un point diamétralement opposé. Bientôt il se retrouva au milieu des glaces, sous le cercle antarctique, et découvrit alors la *terre Adélie*. La longue et haute falaise de cette île, ou continent, était entourée d'une ceinture d'îles de glaces menaçantes et nombreuses. Dumont d'Urville n'hésita pas à diriger ses vaillantes corvettes au milieu de la bande d'énormes glaçons qui semblaient défendre les abords du pôle sud. Par moments, ses vaisseaux y étaient tellement resserrés qu'on devait craindre sans cesse un choc terrible, un abordage irréparable, une pression inévitablement funeste. En

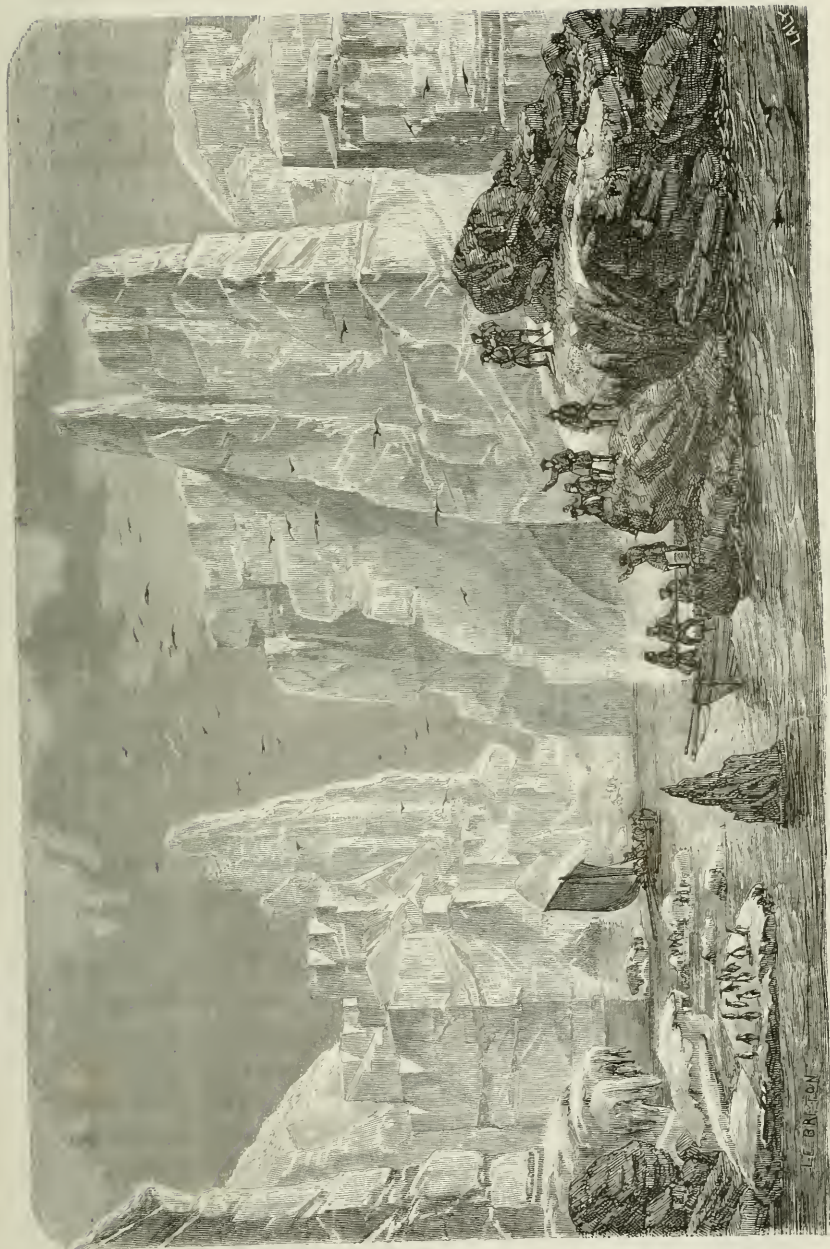


Fig. 194. Découverte de la terre Adélie par Dumont d'Urville, en 1830.



outré, la mer produisait autour de ces écueils flottants des remous considérables, qui ne pouvaient qu'entraîner à sa perte un navire qui s'y fût abrité un seul instant. C'est en passant à leur base qu'on jugeait de l'élévation des falaises de glace.

« Les murailles de ces blocs de glace, dit Dumont d'Urville dans son *Voyage au pôle austral*, dépassaient nos mâtures, elles surplombaient nos navires, dont les dimensions paraissaient ridiculement rétrécies. On aurait pu se croire dans les rues étroites d'une ville de géants. Au pied de ces immenses monuments, nous apercevions de vastes cavernes creusées par les flots qui s'y engouffraient avec fracas. Le soleil dardait ses rayons obliques sur d'immenses parois de glace, semblables à du cristal. Il y avait là des effets d'ombre et de lumière vraiment magiques et saisissants. Du haut de ces montagnes, s'élançaient à la mer de nombreux ruisseaux alimentés par la fonte qu'activait le soleil de janvier. été de ces régions. »

Parfois les glaçons se rapprochaient tellement qu'ils cachaient entièrement la terre; on n'apercevait alors que deux murs de glace menaçants : des échos sonores répétaient le commandement des officiers. La corvette qui suivait *l'Astrolabe* paraissait si petite, sa mâture semblait si grêle, que l'équipage était saisi d'un sentiment de terreur. Durant près d'une heure, on ne vit que des murailles verticales de glace. On arriva ensuite dans un vaste bassin, formé d'un côté par la chaîne d'îles flottantes qu'on venait de traverser, et de l'autre par une terre haute de 1000 à 1200 mètres, à la surface ondulée et bouleversée, bien que partout revêtue d'un épais manteau de glace dont le soleil faisait resplendir l'imposante blancheur. Les officiers purent s'avancer en canot, à travers un labyrinthe de glaçons, jusqu'à un petit îlot placé en face de la côte. On toucha terre, et le pavillon français fut planté pour prendre possession du nouveau continent (fig. 194). Puis on emporta quelques échantillons de roches arrachées aux falaises dénudées et escarpées.

Ces roches sont composées de quartzite et de gneiss. Le continent austral appartient donc au terrain primitif, tandis que le continent boréal appartient en grande partie, comme nous l'avons fait remarquer, au terrain de transition (terrain houiller).

Dumont d'Urville a tracé la carte de la *terre Adélie* sur une



trentaine de lieues. C'est un pays mort et désolé, sans aucune trace de végétation.

Un peu plus vers le nord, le navigateur français reconnut vaguement, dans les lignes blanchâtres de l'horizon, une autre terre qu'il nomma *côte Clarie*, et dont l'existence fut bientôt confirmée par l'expédition américaine de Wilkes.

Cet habile officier explora les terres australes sur une plus grande échelle qu'aucun autre navigateur, mais il se laissa

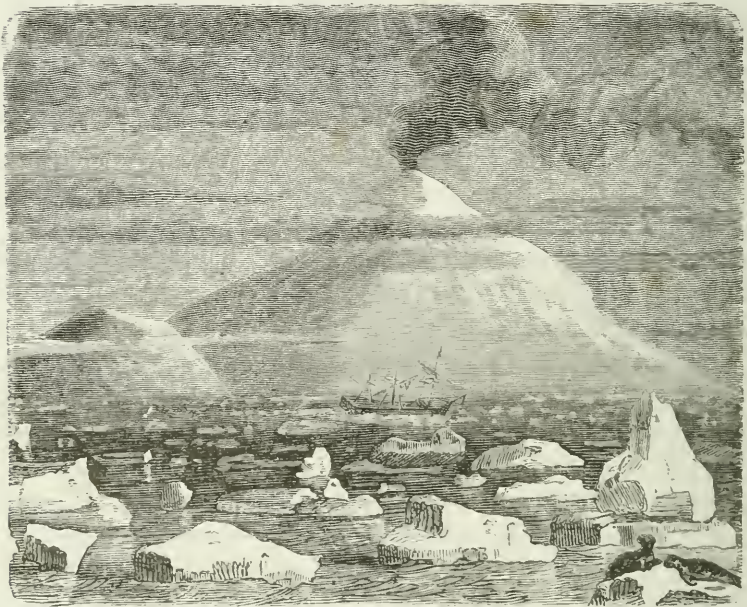


Fig. 195. Le mont Èrèbe, volcan du continent antarctique.

induire en erreur par les brouillards, et il marqua sur sa carte quelques côtes là où sir James Ross n'a trouvé plus tard que de l'eau. Cette erreur a jeté sur toute son expédition une défaveur, d'ailleurs injuste.

En 1841, James Ross pénétra dans un golfe qui échancre la grande glacière australe. Il y découvrit, sous le 76° degré de latitude, une montagne volcanique, haute de 3750 mètres, qui lançait des gerbes de flammes et de fumée à plus de 700 mètres dans les airs (fig. 195). Les flancs de cette gigantesque montagne, située dans la *terre Victoria*, sont couverts de neige jusqu'à

l'orifice du cratère d'où partent les flammes. A peu de distance, Ross aperçut le cône, presque aussi élevé, d'un autre volcan éteint, ou du moins inactif. Il donna à ces deux volcans les noms de ses vaisseaux. *Èrèbe* et *Terror*, noms qui sont en harmonie avec la nature de ces parages désolés. La falaise de glaces s'élevait jusqu'à 60 mètres et paraissait avoir 300 mètres de profondeur; on ne trouva pas à 750 mètres le fond de la mer. Au loin, vers le sud, on distinguait une rangée de hautes montagnes que Ross nomma *monts Parry*.

Quand Ross revint sur ses pas, il s'était avancé presque jusqu'au 79° degré de latitude australe.

FIN.



## TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
PRÉFACE.....	1
INTRODUCTION.....	3
SITUATION DU GLOBE TERRESTRE DANS L'ESPACE.....	11
I. Situation de la terre dans l'univers et dans le monde solaire. — Rapports de la terre avec les autres planètes et le soleil. — Coup d'œil sur les principaux systèmes imaginés pour expliquer le mouvement des corps célestes — Système de Ptolémée; système égyptien. — Kopernik et Kepler découvrent le véritable mécanisme du monde solaire.....	11
II. Les saisons terrestres. — Les jours et les nuits.....	29
FORME ET DIMENSIONS DU GLOBE TERRESTRE.....	39
I. Forme de la terre. — Preuves de sa convexité. — Histoire des moyens employés pour déterminer les dimensions de la terre. — Aristote. — Possidonius. — Ératosthène. — Ptolémée. — Le calife Al-Mamoun. — Le médecin Fernel, au seizième siècle, mesure un degré du méridien. — Snellius. — Longitudes et latitudes. — Méthode de triangulation. — L'Académie des sciences de Paris. — Travaux de Newton sur l'aplatissement polaire. — Commissions scientifiques envoyées en 1736 par l'Académie des sciences au pôle et à l'équateur. — Mesures modernes. — Delambre et Méchain. — Biot et Arago. — Système métrique. — Véritables dimensions du sphéroïde terrestre. — Détermination des longitudes par les observations astronomiques. — Globes et cartes géographiques.....	39
II. Distribution des terres à la surface du globe. — Position et contour des continents. — Mappemonde. — Océan et ses divisions.....	60
RELIEFS DU GLOBE.....	67
I. Les montagnes. — Principales chaînes de montagnes du globe. — Formes diverses des montagnes.....	67
II. Montagnes de l'Europe. — Tableau des montagnes les plus élevées de l'Europe. — Le Mont-Blanc. — Histoire des principales ascensions du Mont-Blanc. — Élévation générale du continent européen.....	89



	Pages.
III. Montagnes de l'Amérique. — Ascension du Chimborazo par de Humboldt et par M. Boussingault. — Altitude du continent américain.	133
IV. Montagnes de l'Asie. — Tableau des montagnes les plus élevées de l'Asie. — Le Gaurisankar et le Kunchinjanga. — Ascension de l'Himalaya, par les frères Schlagintweit.....	151
V. Montagnes de l'Afrique et de l'Océanie.....	168
VI. Les vallées, les cols et les gorges de montagnes.....	175
VII. Altération et destruction des roches qui forment les montagnes — Cause de l'érosion et de la chute des montagnes.....	181
VIII. Les plaines, les steppes et les déserts.....	191
TEMPÉRATURE DU GLOBE.....	227
I. Température du globe terrestre. — Température superficielle et température intérieure. — Les climats. — Les lignes isothermes. — Température moyenne de différents lieux du globe. — Températures extrêmes observées en différents lieux.....	227
II. Limite des neiges perpétuelles. — Avalanches.....	234
III. Les glaciers. — Leur rôle dans la nature. — Origine et mode de formation des glaciers. — Leur mouvement de progression. — Fonte des glaciers. — Structure et propriétés physiques des glaciers....	245
IV. Glaciers des Alpes, des Pyrénées et du Spitzberg (Europe). — Glaciers de l'Himalaya (Asie). — Glaciers des Cordillères (Amérique).	279
V. Température propre du globe. — Loi de l'accroissement de la chaleur dans ses parties profondes. — Observations directes de l'accroissement de cette température dans l'intérieur des mines et des puits artésiens. — Température des eaux thermales et des laves volcaniques.....	295
VI. Les tremblements de terre. — Phénomènes généraux.. . . . .	301
VII. Le tremblement de terre de Lisbonne (1755). — Les tremblements de terre de la Calabre (1783).....	318
VIII. Les volcans. — Volcans centraux et volcans en séries. — Volcans sous-marins.....	349
LES EAUX DOUCES.....	423
I. Sources et fontaines naturelles.....	423
II. Les grottes et les cavernes.....	443
III. Les rivières et les fleuves. — Cours supérieur des fleuves et rivières. — Torrents, chutes d'eau, cataractes et rapides.....	465
IV. Cours moyen des fleuves et des rivières. — Inondations... . . . .	490
V. Cours inférieur des fleuves et des rivières. — Atterrissements. — Deltas. — Estuaires. — Marées des fleuves. — Mascarets et barres... . . . .	494
VI. Les lacs et les étangs.....	517

# TABLE DES MATIÈRES.

629

	Pages.
LES MERS... ..	533
I. Les mers. — Leur étendue. — Couleur de la mer. — Sa phosphorescence. — Composition de l'eau de la mer. — Les <i>atolls</i> , ou îles à coraux. — Origine géologique de la salure des mers.....	533
II. Profondeur des mers et configuration du fond de l'Océan. — Température de la mer.....	548
III. Les courants de la mer.....	557
IV. Les marées.....	569
V. Les mers polaires.....	582

[FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.]



## TABLE DES GRAVURES.

Gravures.	Pages.
1. Grandeurs relatives des planètes.....	15
2. Éloignement des planètes du soleil.....	17
3. Épicycles de Ptolémée.....	21
4. Système cosmographique de Ptolémée.....	22
5. Système cosmographique égyptien.....	24
6. Système cosmographique de Kopernik.....	26
7. Position de la terre par rapport au soleil pendant les douze mois de l'année.....	30
8. Ecliptique vue de face, et montrant les saisons terrestres.....	31
9. Solstice d'été.....	32
10. Solstice d'hiver.....	32
11. Marche apparente du soleil.....	34
12. Signes du zodiaque.....	35
13. Rose des vents.....	35
14. La terre vue de la lune.....	41
15. Horizon.....	43
16. Longitudes du globe.....	44
17. Latitudes du globe.....	48
18. Équateur, zénith et pôles célestes.....	49
19. Triangulation.....	50
20. Aiguille du Dru et aiguille Verte dans la chaîne du Mont-Blanc.....	73
21. Mont Cervin, dans les Alpes.....	77
22. Pic de Pierre Bott, à l'île-de-France.....	83
23. Ile Cyclopéenne.....	84
24. Mont Tafonato.....	85
25. Arche naturelle de granit dans la vallée de Bascan (Asie centrale).....	86
26. Rochers de l'île Thoulou (golfe de Siam).....	87
27. Panorama du Mont-Blanc.....	93
28. Rocher des Grands-Mulets.....	102
29. Cabane des Grands-Mulets.....	103
30. Caravane gravissant le dôme du Goûter.....	104
31. Grande crevasse de la base du Mont-Blanc.....	105
32. Catastrophe du 20 août 1820.....	119
33. Passage des Échelles par M. Bisson, en 1861.....	125
34. Première ascension du Mont-Perdu, par Ramond, en 1802.....	130
35. Panorama des Andes (Amérique du Sud).....	135
36. Le Chimborazo.....	138
37. Le Gaurisankar (Himalaya).....	161



Gravures.	Pages.
38. Le Kinchinjanga (Himalaya).....	165
39. Monts Homboris.....	170
40. Pic de Ténériffe.....	173
41. Formation des vallées.....	175
42. <i>Idem</i> .....	175
43. <i>Idem</i> .....	176
44. <i>Idem</i> .....	176
45. <i>Idem</i> .....	176
46. Rosstrappe, gorge des montagnes du Harz.....	179
47. Vallée de Goldau avant l'éboulement.....	188
48. Vallée de Goldau après l'éboulement.....	189
49. Vue des landes des Pyrénées.....	192
50. Vue des steppes du Caucase.....	193
51. Incendie dans les pampas.....	195
52. Forêt vierge.....	198
53. Désert du Sahara.....	203
54. Caravane dans le Sahara.....	205
55. Le mirage au désert.....	207
56. Le simoun.....	209
57. Puisatiers arabes.....	213
58. Oasis du Sahara.....	217
59. Désert de Gobi (Chine et Mongolie).....	223
60. Tableau de la limite des neiges perpétuelles selon les latitudes.....	237
61. Une avalanche dans les Alpes.....	239
62. Hôtel des Neuchâtelois.....	250
63. Glacier du premier ordre.....	253
64. Glacier du second ordre.....	253
65. Coupe en long d'un glacier montrant la moraine frontale.....	260
66. Moraine frontale du glacier de l'Ober-Aar.....	260
67. Glacier de Zermatt.....	261
68. Mont-Rose et son glacier, avec la moraine médiane.....	265
69. Roches striées et moutonnées par les anciens glaciers.....	269
70. Source de l'Arveiron.....	274
71. Table de glacier.....	275
72. Lac de Mœrill.....	276
73. Lac du mont Saint-Bernard.....	277
74. Mer de Glace dans la chaîne du Mont-Blanc.....	281
75. Glacier de la Maladetta (Pyrénées).....	283
76. Glacier du Chili.....	284
77. Glacier inférieur de Grindelwald.....	285
78. Glacier de Svinafells-Jokull.....	288
79. Glacier de Kothsada (Himalaya).....	289
80. Glacier de Bell-Sound, au Spitzberg.....	291
81. Pics et glaciers de Nulin (Tibet).....	293
82. Tremblement de terre de Lisbonne, le 1 <sup>er</sup> novembre 1755.....	319
83. Ruines de la cathédrale de Lisbonne.....	323
84. Ruines de l'église Saint-Paul.....	324
85. Ruines de l'église Saint-Nicolas.....	325
86. Ruines de l'Opéra.....	326
87. Carte de la Calabre.....	329
88. Tremblement de terre de Messine en 1783.....	333

TABLE DES GRAVURES.

633

Gravures.	Pages.
89. Cavités circulaires produites à Rosarno.....	336
90. Coupe intérieure d'une cavité circulaire.....	336
91. Fissure près de Polistena.....	338
92. Crevasse près de Soriano.....	339
93. Fissure près de Jerocarne.....	339
94. Glissements de terrains à Casalnovi.....	340
95. Gouffre près d'Oppido.....	343
96. Désastre de Scylla.....	344
97. Éruption de l'Etna, en 1771.....	350
98. L'Etna.....	351
99. La Somma avant le premier siècle.....	354
100. Le Vésuve après l'éruption de l'an 79.....	355
101. Une rue de Pompéi.....	356
102. La rue des Tombeaux, à Pompéi.....	357
103. Le Vésuve actuel.....	359
104. Le Stromboli.....	361
105. Cratère du Stromboli.....	362
106. Le volcan de l'Hékla, en Islande.....	365
107. Bassin du grand Geyser.....	367
108. Le grand Geyser de l'Islande.....	369
109. Fontaines bouillantes du Strokkur.....	373
110. Le Kilauea (cratère du volcan d'Hawaii).....	375
111. Le Pilon (île Bourbon). .....	379
112. Cratère du volcan de Bourbon.....	380
113. Le Grand-Brûlé.....	381
114. Le cratère du Grand-Brûlé.....	382
115. Le Cotopaxi.....	384
116. Volcan de Pichincha.....	384
117. Cratère de l'Orizaba.....	385
118. Le Jorullo, volcan du Mexique.....	387
119. Vue de l'île Julia au mois d'août 1831.....	397
120. Vue du cratère de l'île Julia.....	401
121. Aspect intérieur de l'île Julia.....	402
122. Ile Santorin.....	405
123. Groupe de Kaimeni.....	409
124. Éruption volcanique de l'île Santorin (février 1866).....	412
125. Fontaine de Vaucluse.....	429
126. Fontaine de Nîmes.....	432
127. Source sacrée de Zuni, au Mexique.....	433
128. Source du Rhône dans les Alpes.....	437
129. Sources chaudes du pays des Mormons (Amérique du Nord).....	440
130. Cascade de Pamboukalise.....	441
131. Caverne de Baumann.....	446
132. Grotte du Mammoth dans le Kentucky (Amérique du Nord).....	449
133. Rivière du Styx dans la grotte du Mammoth.....	451
134. Grotte des Demoiselles, à Ganges (Hérault).....	457
135. Entrée des grottes de Samoun.....	459
136. Grotte de Fingal.....	460
137. Cascade de Gavarnie.....	469
138. Cascade du Stabbach, en Suisse.....	473
139. Une chute de l'Angermannna.....	476

Gravures.	Pages.
140. Cascade de la Savane, à l'île Maurice.....	477
141. Rapide de la rivière Montmorency, au Canada.....	480
142. Chute du Niagara.....	483
143. Chute de Félou (Sénégal).....	486
144. Cataracte du Zambèze.....	487
145. Chute du Rhin à Lauffen, près de Schaffhouse.....	488
146. Le Nil.....	495
147. Effet du mascaret de la Seine.....	499
148. Pont naturel de la vallée d'Icononzo, au Mexique.....	504
149. Pont naturel d'Aïn-el-Liban.....	505
150. Lac Pavin, en Auvergne.....	518
151. Étang de Berre, près de Marseille.....	519
152. Lac de Joannina, en Grèce.....	521
153. Extrémité supérieure du lac de Genève.....	522
154. Lac d'Eschi, près de Kandersteg, en Suisse.....	523
155. Lac de Kiouk-Kiol (Tibet).....	525
156. Vue de la mer Morte.....	526
157. Vue du lac Tchad.....	527
158. Lac Tanganyika.....	528
159. Lac Salé.....	529
160. Lac d'eaux bouillantes du Roto-Mahana.....	531
161. Mer phosphorescente.....	536
162. Iles à coraux. — Ile d'Oeno, dans l'archipel Pomotou.....	543
163. Iles à coraux. — Ile de Whitsunday, dans l'archipel Pomotou.....	544
164. Sonde de Brooke, d'après Maury.....	551
165. Profondeur à laquelle se trouve dans l'Océan la température invariable de + 4°.....	556
166. L'ouragan des Antilles en 1780.....	561
167. Sauvetage du <i>San-Francisco</i> par le <i>Kilby</i> .....	565
168. Marée lunaire.....	569
169. Marée luni-solaire.....	571
170. Grande marée d'équinoxe, au Havre.....	573
171. Effet du ressac à la pointe du Raz (Finistère).....	576
172. Hauteur d'une vague au cap de Bonne-Espérance.....	577
173. Vue de Scylla (déroit de Messine).....	578
174. Ras de marée à l'île Bourbon, en 1846.....	579
175. Banquise du pôle arctique.....	585
176. Champ de glaces.....	588
177. Navire pris dans les glaces des mers arctiques.....	589
178. Origine des glaces flottantes provenant de la progression de glaciers polaires.....	592
179. Baie des Anglais, au Spitzberg.....	593
180. Montagne de glace.....	595
181. Montagne de glace flottante percée à jour, vue par John Ross sur les côtes du Groënland.....	596
182. Ile de glace sur le banc de Terre-Neuve.....	597
183. Aurore boréale dans les mers arctiques.....	603
184. Aurore boréale.....	605
185. Le soleil de minuit au Spitzberg.....	606
186. Halo en Norvège.....	607
187. Parhélic dans les mers polaires.....	607

## TABLE DES GRAVURES.

635

Gravures.	Pages.
188. Route des vaisseaux <i>l'Hécla</i> et <i>le Griger</i> , sciée dans la glace par l'équipage de Parry.....	609
189. <i>L'Hécla</i> et <i>le Griger</i> hivernant à l'île Melville.....	610
190. Abandon de <i>la Fury</i> dans le détroit du Régent, en 1824.....	611
191. Les barques-traineaux de Parry, au nord du Spitzberg.....	612
192. Village de neige; habitation d'hiver des Esquimaux.....	613
193. Découverte du <i>cairn</i> où étaient enfouis les papiers de Franklin.....	615
194. Découverte de la <i>terre Adélie</i> par Dumont d'Urville, en 1839.....	621
195. Le mont Érébe, volcan du continent antarctique.....	624

FIN DE LA TABLE DES GRAVURES.

---

## CARTES.

Cartes.	Pages.
I. La terre d'après Homère.....	3
II. La terre d'après Hérodote.....	4
III. La terre d'après Ératosthène.....	6
IV. La terre d'après Ptolémée.....	8
V. La terre d'après Strabon.....	10
VI. Mappemonde.....	62
VII. Hémisphères aqueux et terrestre.....	64
VIII. Montagnes les plus élevées dans les cinq parties du monde.....	67
IX. Montagnes les plus élevées de l'Europe.....	90
X. Montagnes les plus élevées de l'Amérique.....	133
XI. Montagnes les plus élevées de l'Asie et de l'Océanie.....	156
XII. Montagnes les plus élevées de l'Afrique.....	168
XIII. Carte des lignes d'égale température sur le globe.....	231
XIV. Tableau de la longueur des principaux fleuves du monde.....	506
XV. Carte figurative des profondeurs de l'Océan Atlantique.....	551
XVI. Coupe verticale du bassin de l'Atlantique.....	552
XVII. Carte des sondages exécutés en 1857 par <i>le Cyclope</i> , entre l'Irlande et l'Amérique.....	554
XVIII. Carte des courants de l'Océan.....	559
XIX. Carte des contrées circumpolaires.....	582

---



---

11832 — PARIS, TYPOGRAPHIE LAHURE  
Rue de Fleurus, 9

---

